



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Diseño de una silla de ruedas autónoma para el desplazamiento en escalera en
edificaciones”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. John Albert Vargas Guevara (ORCID: 0000-0002-8524-9192)

ASESOR:

Mg. James Skinner Celada Padilla (ORCID: 0000 -0003-1389-4093)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a Dios, ya que, gracias a él he logrado concluir con mi carrera.

A mis padres Moises y Juana por brindarme todo su apoyo y consejos.

A mi hermana Karol por sus palabras de aliento y apoyo.

A mi esposa Alexandra por su amor, cariño y comprensión.

A mi hija Renatta por ser fuente de motivación para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

John Albert Vargas Guevara

Agradecimiento

Un agradecimiento especial a mi casa de Estudios Universidad César Vallejo Filial Chiclayo, por habernos permitido que en sus aulas y con su plana docente fortalezcamos nuestras habilidades y capacidades para nuestro futuro como profesionales para el bien de la sociedad.

John Albert Vargas Guevara

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **VARGAS GUEVARA JOHN ALBERT**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° **46674724**, con el trabajo de investigación titulada,

"DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS AUTÓNOMA PARA EL DESPLAZAMIENTO EN ESCALERA EN EDIFICACIONES"

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.


De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 17 de junio, 2020

Nombres y apellidos: John Albert Vargas Guevara

DNI : 46674724

Firma :

 J. VARGAS

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	12
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	12
2.2 Operacionalización de Variables	12
2.3 Población y Muestra	14
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	14
2.5 Procedimiento	16
2.6 Métodos de Análisis de Datos	16
2.7 Aspectos Éticos.....	17
III. RESULTADOS	17
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	70
Acta de aprobación de originalidad de tesis	95
Reporte de turnitin	96

Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	97
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	98

Índice de Tablas

Tabla 1. Muestras y Observaciones	12
Tabla 2. Operacionalización de Variables	13
Tabla 3. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	14
Tabla 4. Parámetros de diseño	20
Tabla 5. Características de la batería a utilizar	54
Tabla 6. Materiales, Accesorios, Componentes eléctricos, Componentes electrónicos y Mano de Obra	63

Índice de Figuras

Figura 1. Procedimiento	16
Figura 2. Parámetros de Consideración	17
Figura 3. Características de un producto diseñado	18
Figura 4. Dimensiones de paso y contrapaso	19
Figura 5. Dimensiones de ancho de escalera	19
Figura 6. Dimensiones de giro de escalera	20
Figura 7. Cadena de silla de ruedas	22
Figura 8. Presentación del diseño	50
Figura 9. Análisis de fuerzas en la catalina de mayor diámetro	51
Figura 10. Diagrama de fuerzas para la silla de ruedas analizada como partícula	51
Figura 11. Motor eléctrico de reducción de engranajes 24V 350 W MY1016Z3 con piñón de 9 dientes	53
Figura 12. Batería 12V – 50 Ah	54
Figura 13. Baterías conectadas en serie	55
Figura 13. Joystick analógico	56
Figura 15. Valores de mapeo del Joystick	57
Figura 16. Conexión ARDUINO Y JOYSTICK	57
Figura 17. Conexión ARUDUINO y JOYSTICK	58
Figura 18. Disminución del voltaje para la tarjeta ARDUINO	58
Figura 19. Diseño de la tarjeta de mando de la silla de ruedas	59
Figura 20. Interfaz de programación de ARDUINO	59
Figura 21. Pines de ARDUINO declarados como variables tipo entero	60
Figura 22. Declaración de entradas y salidas del ARDUINO	60
Figura 23. Mover adelante	61
Figura 24. Mover hacia atrás	61
Figura 25. Mover a la derecha	61
Figura 26. Mover a la izquierda	62
Figura 27. Parar	62

RESUMEN

En el mundo existen 1000 millones de personas con algún tipo de discapacidad. En América Latina, existe una marcada desigualdad de las personas con discapacidad, que se evidencia en grandes brechas socioeconómicas que colocan a este grupo de la población en una condición de vulnerabilidad social.

De acuerdo a los resultados de la Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad (ENEDIS), se calcula que en el país 1 millón 575 mil 402 personas presentan alguna discapacidad y representan el 5,2% de la población total del Perú.

Esta investigación, se enmarca en el diseño de una silla de ruedas autónoma, que permita a las personas con discapacidad subir y bajar escaleras, tomando en cuenta que una parte importante de edificaciones no cuentan con ascensor, asimismo, este diseño ha tomado en cuenta las dimensiones del paso y contrapaso de las escaleras, establecida en la norma de construcción. Posteriormente, se realizó los cálculos electromecánicos de los diversos componentes y del sistema de control ARDUINO, el cual a través de un Joystick se puede realizar el control.

Como resultados tenemos que la potencia requerida es de 0,5 HP el cual se abastece de un acumulador de energía permitiéndole una autonomía de 24,7 km, lo que equivale a 19,8 horas. El control de la silla de ruedas se realizó a través de una tarjeta de control que gobierna el sistema. El costo de la silla de ruedas utilizando los materiales que hay en la región es de S/. 3 313,80.

Palabras Claves: Silla de Ruedas, Discapacidad Motriz, Sistema Autónomo, Acumulador de Energía.

ABSTRACT

In the world there are one billion people with some type of disability. In Latin America, there is a deep inequality of people with disabilities, which materializes in large socioeconomic gaps that place this group of the population in a condition of social vulnerability.

According to the results of the National Specialized Survey on Disability (ENEDIS), it is estimated that in the country 1 million 575 thousand 402 people have a disability and represent 5.2% of the total population of Peru.

This research is part of the design of an autonomous wheelchair, which allows people with disabilities to go up and down stairs, taking into account that an important part of buildings do not have an elevator, this design has taken into account the dimensions of the passage and counterbalance of the stairs, established in the construction standard, from there the electromechanical calculations of the various components have been made, in addition to the ARDUINO control system, which through a Joystick can be performed the control.

From the results obtained we can indicate that the required power is 0.5 HP which is supplied with an energy accumulator allowing a range of 24.7 km, which is equivalent to 19.8 hours. The control of the wheelchair is done through a control card that governs the system. The cost of the wheelchair using the materials in the region S / . 3 313,80.

Keywords: Wheelchair, Motor Disability, Autonomous System, Energy Accumulator.

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo 1000 millones de habitantes presentan discapacidad; de ellas. Por lo que, 200 millones muestran problemas considerables en su actividad. Dentro de unos años, la discapacidad será un tema de preocupación más grande (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2011, p.5).

En América Latina existe una marcada desigualdad de las personas con discapacidad, que se representa en considerables brechas socioeconómicas ubicándolos en una condición de vulnerabilidad social que involucra acciones globales (Stang Alva, 2011, p.5).

“De acuerdo a los resultados de la Encuesta Nacional Especializada sobre Discapacidad (ENEDIS), se calculó que en el país 1 millón 575 mil 402 de habitantes presentan alguna discapacidad y simbolizan el 5,2% de la población total del Perú. Correspondiendo el 52,1% son mujeres y el 47,9% hombres, identificándose en las mujeres superior discapacidad que los varones” (INEI, 2012, p.11).

“De acuerdo al lugar de residencia, se observó que el Área Urbana (5,6%) y en la región costa (5,9%) mostró significativo porcentaje de personas con discapacidad. Por área de residencia y sexo, se registró los más altos porcentajes de discapacidad en las mujeres del Área Urbana y Rural como en la Región Costa y Sierra, sin embargo, en la región Selva, se observó lo contrario, la población masculina tiene superior discapacidad” (INEI,2012, p.12).

“Según al tipo de limitación las personas presentan: “Para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas” el 59,2%; “Para ver” el 50,9%; “Para escuchar” el 33,8%; “Para entender o aprender” el 32,1%; “Para interactuar con los demás” el 18,8% y en menor proporción, “Para comunicarse con los demás “el 16,6%” (INEI,2012, p.17).

En el Diseño y construcción de un dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles se tomó medidas a las dimensiones de los diferentes vehículos y a las sillas de ruedas de los usuarios. Se realizó el diseño de la grúa por medio del cálculo y simulaciones asistidas por computadora, con esta información se procedió a la construcción del dispositivo y a realizar las pruebas de validación. Los

resultados de este proyecto reflejaron que el dispositivo ayuda al traslado del usuario de la silla de ruedas al asiento delantero derecho del vehículo tipo sedán (Pineda Vaca, 2016, p.9).

“Diseño y construcción de una silla de ruedas autónoma accionada mediante ondas cerebrales, para la asociación de limitados pléjicos de Tungurahua (*asoplejicat*) presentó el diseño y fabricación de una silla de ruedas autónoma accionada por ondas cerebrales, para personas con tetraplejia, la silla implicó el desarrollo de aspectos mecánicos para la estructura, electrónicos para los sensores e informáticos para el desarrollo del software. La silla de ruedas se dirige a través de tres modos: expresivo, cognitivo y giroscopio” (Lasluisa Garcés, 2015, p.16).

La investigación Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica, con sistema de ascenso y elevación, en Cuenca los sectores fuera del centro histórico se tiene mayor inconveniente para el tránsito de la población con discapacidad, por ende, se diseñó la silla de ruedas que permite al usuario subir veredas de hasta 18 cm de altura y un mecanismo para alcanzar objetos de hasta 1,75m de altura, evidenciando que si es viable el diseño, pero, los acumuladores juegan un papel esencial en este proceso, existiendo una relación directa entre la independencias de la sillas de rueda y el peso de estas (López Celi, 2014, p.16-17).

La silla de ruedas es un medio de asistencia de uso habitual para las personas con movilidad reducida, por eso, debe proporcionar que la persona tenga una vida activa sin producir una consecuencia dañina en su salud o en su seguridad. Es necesario definir correctamente las características funcionales de las sillas para garantizar el bienestar de los usuarios (Cano, Hincapié y García, 2014, p.1).

Plantea comprender cómo es el imaginario de ciudad de Santiago y movilidad de las personas con discapacidad, teniendo una experiencia espacial con características específicas. Asimismo, en un contexto de movilidad reducida de las personas con discapacidad hay una particular forma de configurar un imaginario de ciudad desde esta condición (Esquivel, 2013, p.7).

El diseño de un sistema de control de una silla de ruedas para seguimiento automático de un acompañante mediante la estimación de la dirección y velocidad de movimiento de éste y la

generación de las acciones de control para imitar su curso en forma simultánea, tiene un módulo de transmisión de dirección en el guía y otro en la silla está basado en un microcontrolador PIC18F458, sensores de detección de obstáculos y como actuadores un servomotor y un motor DC en configuración cinemática Ackerman (Sandoval Ruíz, 2012, p.1).

El diseño y simulación de una silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escalones a su usuario, se realizó la investigación sobre las características físicas que tienen las diversas sillas de rueda en el mercado actual, igualmente, se investigó la norma ecuatoriana de arquitectura y construcción de sillas de ruedas. Con la información obtenida y las características seleccionados, se calculó los diversos elementos para realizar la simulación respectiva en el software de diseño. Se concluyó que, el prototipo era estable, seguro y autónomo para el usuario (Escudero y Ruíz, 2012, p.151).

“El rediseño para la optimización de una silla de ruedas eléctrica de dos posiciones, especifica el diseño de una silla eléctrica que permitió trasladar de forma automática al usuario en cualquier dirección, estar en un estado erguido y tener el empuje necesario por un componente mecánico para levantar y trasladar al usuario de 90 kg. Se analizó la estructura de la silla de ruedas de dos posiciones, con respecto a la parte eléctrica se diseña y simula el circuito eléctrico de forma virtual controlando los componentes mecánicos. Se obtuvo un dispositivo que emplea la parte mecánica, electrónica y de control para una probable solución para los usuarios que emplean sillas de ruedas” (Salcedo, Torres, Urriolagoitia y Romero, 2011, p.90-96).

“El diseño de un automóvil alimentado por energía solar que radica en determinar y calcular movimientos, fuerzas y cambios de energía, determinando el tamaño, las formas y los materiales idóneos para cada elemento del automóvil y plantear procesos tecnológicos apropiados para la fabricación del vehículo cumpliendo con las funciones requeridas” (Carreño Aguillón, Vacca Melo y Lugo, 2012, p. 91-106).

Lesiones del conductor de silla de ruedas: causas y consecuencias para diseño y selección de sillas de ruedas en la comprensión de incidentes adversos y lesiones sostenido por usuarios activos de sillas de ruedas, que viven y trabajan en él, es necesario mejorar la

seguridad mediante el diseño, la selección y la configuración de sillas de ruedas. Se entrevistó a 109 personas que experimentaron incidentes, identificándose las causas de incidentes y lesiones que sufrieron. Los participantes informaron $n = 253$ incidentes (53% en potencia sillas de ruedas, 47% manuales) que ocurren dentro de un período de 5 años compuesto por: 106 (42%) "Consejos y caídas", 84 (33%) "Fallos de componentes" y 63 (25%) eventos "Otros". Sesenta y ocho (27%) de los incidentes causaron lesiones que requirieron asistencia médica, incluyendo 13 hospitalizaciones. Aspectos de la consistencia de la silla de ruedas, específicamente los efectos de configuración de silla de ruedas y de diferentes superficies de conducción son problemas de ingeniería que afectan la seguridad de las sillas de ruedas. Como resultados destaca la estabilidad de la silla de ruedas mecánica, sin embargo, se discuten las posibles mejoras de diseño (Gaal, Rebholtz, Hotchkiss y Pfaelzer, 1997, p. 58-71).

Ergonomía del diseño de sillas de ruedas: un requisito previo para condiciones óptimas de ruedas, se presentó una revisión de la investigación de una silla de ruedas como un medio de deambulación diaria. Se recomendó un enfoque combinado de investigación biomecánica y fisiológica para mejorar el conocimiento de la ergonomía de la silla de ruedas, es decir, la interacción de la silla de ruedas / usuario en relación con los aspectos de la mecánica del vehículo y la condición física del usuario. Los resultados de los experimentos con respecto a las variaciones en la interfaz de silla de ruedas / usuario enfatizan las posibilidades de optimización en términos de dimensiones de silla de ruedas y características del usuario. El análisis de la técnica de propulsión está dirigido a las características dentro del ciclo y la organización de la técnica dependiente del tiempo (Van Derwoude, Veerger y Rozendal, 2019, p.109-132).

Desarrollo de criterios de diseño de sillas de ruedas transportables mediante simulación de choque informático la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA, por sus siglas en inglés) llevó a un aumento de viajeros discapacitados, muchos de los cuales no pueden transferirse a un asiento de vehículo y deben usar su silla de ruedas para cumplir esta función. ANSI / RESNA está desarrollando actualmente un estándar de silla de ruedas transportable que identificará los requisitos de diseño y los métodos de prueba para sillas de ruedas adecuadas para el transporte. Para ayudar a los fabricantes en el esfuerzo de diseño, se utiliza simulaciones matemáticas de choque para evaluar las cargas impuestas a una silla de ruedas

cuando se somete a un choque frontal de 48 kph / 20 g. El uso de un sistema de amarre de cinturón de cuatro puntos para asegurar la silla de ruedas, el punto de sujeción, el asiento, el anclaje del cinturón de regazo y las cargas de las ruedas se evalúan en tres configuraciones de sujeción diferentes. Los resultados muestran que el posicionamiento de los puntos de sujeción traseros cerca del centro de gravedad de la silla de ruedas puede servir como una estrategia efectiva para gestionar la respuesta al choque y las cargas en la silla de ruedas (Bertocci, Hobson y Digges, 1996, p. 171-181).

La silla de ruedas TA puede ser divertida: un caso de diseño impulsado por la emoción, presentó un enfoque del diseño impulsado por la emoción y se demuestra con un estuche de diseño de silla de ruedas para niños. Primero, la respuesta emocional hacia las sillas de ruedas existentes se evaluó con un instrumento de auto informe no verbal. Los resultados de esta evaluación se transformaron en puntos de partida para un nuevo diseño con el uso de un modelo teórico de emociones del producto. Con estos puntos de partida, se creó un nuevo diseño y se detalló en un prototipo funcional. En un segundo estudio, se evaluó el impacto emocional del nuevo diseño. Se descubrió que, con respecto al impacto emocional, este nuevo diseño se diferencia de manera positiva de los modelos existentes. A la luz de estos hallazgos, se discute cómo el conocimiento teórico y empírico puede ayudar a los diseñadores en sus intentos de manipular el impacto emocional de sus diseños (Desmet y Dijkhuis, 2003, p.1-6).

El diseño del sistema de silla de ruedas de asistencia dirigido directamente por pensamientos humanos la integración de la técnica de interfaz cerebro-computadora (BCI) y el dispositivo de asistencia es una de las principales aplicaciones del sistema BCI. Con la técnica BCI, las personas con discapacidad no tienen que comunicarse con el entorno externo a través de vías tradicionales y naturales como los nervios y músculos periféricos, y solo pueden lograrlo mediante sus actividades cerebrales. Se diseñó una silla de ruedas basada en electroencefalograma (EEG) que puede ser dirigida por los propios pensamientos de los usuarios sin ninguna otra participación. Se evaluó la viabilidad de la silla de ruedas basada en BCI en términos de precisión y pruebas del mundo real. Los resultados demuestran que la silla de ruedas BCI tiene un buen rendimiento en precisión y en pruebas prácticas de funcionamiento. Las personas pueden conducir la silla de ruedas solo por sus pensamientos

y pueden tener una perspectiva potencial en la aplicación diaria de las personas con discapacidad (Li et al., 2013, p.1).

En la investigación un entrenador de silla de ruedas robótica: visión general del diseño y un estudio de viabilidad menciona que experimentar la movilidad independiente es importante para los niños con una discapacidad severa del movimiento, pero, aprender a conducir una silla de ruedas eléctrica puede requerir mucho trabajo y la ayuda de un terapeuta calificado. El entrenamiento con guía del instructor de silla de ruedas robótica mejoró la capacidad de dirección de los niños sin discapacidad motora significativamente más que el entrenamiento sin guía. El sistema no solo proporcionó un contexto seguro y divertido para automatizar el entrenamiento del usuario, asimismo, mejoró el aprendizaje motor mediante el sistema motor sin impedimentos, demostrando a través del movimiento intuitivo y la fuerza del joystick control ejemplar para seguir el curso. El estudio de caso indica que un niño con un sistema motor deteriorado por CP podrá también obtener un beneficio a corto plazo de la formación del conductor con orientación táctil (Marchal, Furumasu y Reink, 2010, p. 7-40).

Diseño e implementación de silla de ruedas inteligente de bajo costo desarrolló una silla de ruedas inteligente para ayudar a este tipo de pacientes mediante el uso del sistema de reconocimiento de voz para controlar el movimiento de la silla de ruedas en diferentes direcciones mediante el uso de comandos de voz y también el simple movimiento de los dedos del usuario con el control del teclado. La detección automática de obstáculos se realiza mediante un sistema de ultrasonido que ayuda al paciente a aplicar un freno temporal en caso de que algún obstáculo se interponga repentinamente en el camino. La silla de ruedas inteligente está diseñada de tal manera que se puede controlar fácilmente con el mínimo esfuerzo del paciente y también brinde protección contra la colisión de obstáculos si ocurre algún error de voz. La principal ventaja es el diseño de bajo costo que permite que más pacientes usen este tipo de silla de ruedas (Faeik y Poonguzhali, 2012, p.1).

Diseño innovador de la silla de ruedas usando enfoque de diseño centrado en el usuario menciona que es una de las herramientas para discapacitados. Algunas sillas de ruedas existentes son simples porque tiene una funcionalidad limitada y es menos cómodo de usar. El propósito de esta investigación es desarrollar un diseño de silla de ruedas ergonómico y multifuncional que puede cumplir los requisitos del usuario. La encuesta se realizó para

identificar al usuario. Los criterios y el análisis estadístico se utilizaron para probar la hipótesis desarrollada. Los resultados de este estudio son los parámetros de diseño de la silla de ruedas satisfacen los requerimientos de desactivación en ergonomía y criterios multifuncionales (Soewardi, Tri y Adbul, 2015, p. 81-86).

Explorando el impacto del diseño de sillas de ruedas en la función del usuario en un entorno rural de Sudáfrica. Las sillas de ruedas proporcionan movilidad que puede mejorar la función y la integración de la comunidad. Se emitieron sillas de ruedas con diseños urbanos a 25 (83%) participantes. El tamaño, el ajuste, el soporte y las características funcionales de la silla de ruedas crearon desafíos relacionados con el transporte, la operación de la silla de ruedas, la realización de tareas personales y la movilidad interior y exterior. Los usuarios que usan sillas de ruedas diseñadas para entornos semi-rurales lograron puntajes significativamente mejores con respecto a la idoneidad de la silla de ruedas prescrita que aquellos que usan sillas de ruedas diseñadas para uso urbano ($p = <0.01$). Los terapeutas prescribieron el diseño básico del marco plegable de cuatro ruedas con mayor frecuencia debido a la falta de: financiación, evaluación, habilidades y elección del usuario. La emisión de sillas de ruedas de tipo urbano a los usuarios que viven en entornos rurales podría tener un efecto negativo en los resultados funcionales de los usuarios. Se recomienda realizar evaluaciones exhaustivas, capacitación e investigación adicionales sobre las implicaciones a largo plazo del costo y la condición de vida, vinculado con la provisión de una silla de ruedas adecuada versus una opción más barata y menos adecuada (Visagie, Duffie y Unger, 2015, p.171).

Diseño participativo y validación de movilidad robótica mejorada silla de ruedas indica que el diseño de la silla de ruedas robótica para mejorar la movilidad (MEBot) se basó en los comentarios de las personas que usan sillas de ruedas eléctricas (EPW) sobre las condiciones que encuentran al conducir en ambientes interiores y exteriores que pueden afectar su seguridad y provocar que se inmovilicen, vuelquen o caerse de su silla de ruedas. La fase I consistió en realizar un estudio de diseño participativo para comprender las condiciones y barreras que los usuarios de EPW encontraron difíciles de manejar. La fase II consistió en el diseño de un prototipo asistido por computadora (CAD). La Fase III implicó demostrar las aplicaciones avanzadas y recopilar comentarios de los usuarios finales sobre la probabilidad de que usen las aplicaciones avanzadas. El prototipo CAD incorporó aplicaciones avanzadas,

que incluyó auto nivelación, escalada de aceras y control de tracción, que abordaron las condiciones y barreras desafiantes discutidas con los usuarios de EPW (n = 31) durante el estudio de diseño participativo (Daveler et al., 2015, p. 739-750).

Diseño y evaluación del rendimiento de la silla de ruedas Omni de 4 ruedas con deslizamiento reducido y vibración menciona que las sillas de ruedas holonómicas son populares por su capacidad de moverse en espacios restringidos debido a su movilidad omnidireccional. Se presentó el diseño y desarrolló una silla de ruedas omnidireccional de 4 ruedas adecuada para la navegación en interiores con deslizamiento y vibración reducidos. El diseño se evaluó con la medición de la carga de la rueda a partir del consumo de corriente y la medición de la vibración con un acelerómetro de 3 ejes montado en el chasis. Como resultado el diseño propuesto mostró menos deslizamiento y vibración de las ruedas que los diseños existentes. El sistema encontró su aplicación como una ayuda de asistencia para la población geriátrica o como un vehículo inteligente de movilidad interior (SankarKundu, Mazumder, Lenka y Bhaumik, 2017, p. 68-74).

Percepciones de los usuarios expertos sobre el diseño y la configuración de la silla de ruedas de carreras: conocimientos, incógnitas y próximos pasos” menciona que se puede utilizar una metodología cualitativa para obtener nuevos conocimientos sobre las demandas de las carreras y el impacto de configuraciones particulares de sillas de carreras en el rendimiento deportivo óptimo a través del compromiso con usuarios expertos (corredores de sillas de ruedas, entrenadores y fabricantes). Los usuarios expertos entienden cómo las ruedas, los neumáticos y los cojinetes impactan el rendimiento deportivo y cómo se involucran, implementan o rechazan la investigación basada. Se identificó áreas donde los participantes perciben que existe una necesidad inmediata de más investigación, específicamente realizar recomendaciones individualizadas para los atletas. Los resultados de la investigación mencionan del valor de un diseño de investigación cualitativa para capturar el conocimiento incorporado de los usuarios expertos y tienen sugerencias para proyectos de "próximo paso" relacionados con ruedas, neumáticos y rodamientos extraídos directamente de los comentarios de los participantes (Bundon, Mason y Goosey, 2016, p. 141-161).

La evolución de la ciencia lógica, metodológica y psicológicamente es una interacción compleja de suposiciones (Guerrero y Martínez, 2015, p. 1-4).

El análisis en ingeniería es la solución analítica de un problema empleando las matemáticas, principios físicos y científicos (Hagen, 2009, p.1).

El diseño en ingeniería es el procedimiento inicial de un sistema para satisfacer unas necesidades (García Melo, 2004, p.11).

El diseño mecánico es un trabajo amplio que se necesita varias habilidades. Es indispensable dividir en un orden de actividades sencillas. La complejidad del tema necesita un ordenamiento en que presentan y se revisan las ideas (Budynas, Nisbett y Ríos, 2008, p. 4).

El proceso de diseño consiste en una serie de pasos estructurados que tiene por finalidad solucionar un problema, estos pasos son:

La identificación de la necesidad que puede ser realizado por el fabricante o cliente, por lo general es breve y sin detalles, luego, se desarrolla una investigación preliminar es la fase más importante de proceso y con frecuencia la más olvidada que va a permitir indagar en otras realidades el problema que se quiere solucionar, se debe dedicar tiempo y energía suficiente para evitar encontrar una gran solución a un problema equivocado. Posteriormente, el planteamiento de los objetivos se realiza después de completar los antecedentes del problema, definiendo y limitando con cuidado el problema de modo que pueda ser resuelto y mostrable, luego, a través de la ideación e invención el diseñador desarrolla su creatividad siendo esta la etapa más satisfactoria a nivel profesional, asimismo, en la etapa de análisis permite aplicar técnicas más complejas para examinar el desempeño del diseño. Finalmente, en la etapa de selección se desarrolla cuando el análisis técnico indica que tiene algunos diseños potenciales y se debe realizar un análisis comparativo para seleccionar el más idóneo para el desarrollo del diseño detallado, prototipo, pruebas y producción del producto (Norton, 2009, p. 40-46).

El diseñador tiene el compromiso de precisar los materiales idóneos para cada pieza de la máquina. Primeramente, se debe establecer el material, las funciones, tipos, magnitudes y el ambiente en el que funcionará (Mott, 2006, p.30).

El diseñador debe tomar en cuenta el nivel de esfuerzo que ha sido sujeto la máquina bajo circunstancias razonables, por ende, ninguna parte de la máquina se rompa, sin embargo, se debe considerar que las deformaciones no sean excesivas, ya que, involucra en la seguridad de la máquina (Mott, 2006, p.84).

Los tipos principales de elementos flexibles son las bandas que trabajan con poleas y las cadenas que trabajan con catarinas (Mott, 2006, p. 264).

“Los engranajes se usa para transmitir movimiento y potencia desde un eje giratorio hasta otro. Asimismo, los dientes del impulsor empujan a los dientes del impulsado, constituyendo una fuerza perpendicular al radio del engrane que transmite par torsional y potencia” (Mott, 2006, p.307).

Para Mott (2006, p.532), “El eje transmite movimiento rotatorio y potencia. Igualmente, forma parte sistema mecánico donde la potencia se transmite desde un promotor a otras partes giratorias del sistema”.

Las vigas son partes estructurales sometidos a fuerzas o momentos que tiene sus vectores perpendiculares al eje de la barra (Gere, 2009, p.306).

La mecánica es una rama que analiza la fase de reposo o movimiento de los cuerpos que están sujetos a una fuerza (Hibbeler, 2010, p.3)

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos y dispositivos que circula corriente eléctrica. Además, consiste en el análisis de sus propiedades que trabajan modelos matemáticos que se definen por medio de ecuaciones que vinculan entre si distintas magnitudes eléctricas (Pastor, Ortega, Parra y Pérez, 2014, p.21).

El análisis y los cálculos de los circuitos eléctricos de la máquina se realizarán usando los principios de las leyes de Kirchhoff. Las cuales son:

Para Pastor, Ortega, Parra y Pérez (2014, p.25), la Primera ley de Kirchhoff es “La suma algebraica de las intensidades de corriente que transitan por el grupo de todos los componentes presentes en un punto, es momento cero”.

Para Pastor, Ortega, Parra y Pérez (2014, p.28), la Segunda ley de Kirchhoff es “La suma algebraica de las diferencias de voltajes a través de una malla contabilizadas en un sentido dado, es nula”.

“La ley de ohm establece que hay una relación de proporcionalidad directa entre el voltaje y la corriente que pasa por una resistencia eléctrica” (Guerrero y Candelo, 2011, p. 34).

Para Pérez (1997, p.1), “Los planos de la máquina se realizarán de acuerdo a los lineamientos del dibujo técnico, con el uso de los instrumentos adecuados que garantiza dibujos limpios, precisos y de gran calidad introduciendo el uso de la computadora y softwares especializados”.

Por lo que se planteó la interrogante: ¿Es factible diseñar una silla de ruedas autónoma para que suban y bajen escalera y edificaciones?

Esta investigación permitirá el desarrollo del diseño mecánico adaptada a nuestra realidad, optimizando los materiales a utilizar y respetando la normatividad vigente, considerando los materiales que se encuentran en la región y el uso de procesos de fabricación adecuados. Tendrá un impacto social muy positivo, ya que, permitirá dar independencia en la movilización a las personas con discapacidad, con la optimización de los materiales y un impacto positivo en la huella de carbono.

Por lo tanto, se planteó la siguiente hipótesis: Es factible diseñar una silla de ruedas autónoma para que suban y bajen escaleras de edificaciones. Asimismo, como objetivo general: “Diseñar una silla de ruedas autónoma para que suban y bajen escaleras de edificaciones”, debiendo desarrollar los siguientes objetivos específicos:

-) Caracterizar los parámetros de diseño de la silla de ruedas autónoma para el desplazamiento en escaleras en edificaciones.
-) Calcular los diversos elementos electromecánicos de la silla de ruedas autónoma.
-) Calcular el costo de elaboración de la silla de ruedas autónoma.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

No experimental

Para Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.149) “Se ejecuta sin manejar premeditadamente las variables, por ello, no cambia en forma intencionada las variables independientes para observar su resultado sobre otras variables”.

Los hechos ya ocurrieron y el indagador no tiene control sobre la variable independiente. Por ende, el estudio comienza con buscar de los parámetros de diseño de la silla de ruedas autónoma en concordancia a los cálculos y la normatividad actual.

Descriptiva

Para Gómez Bastar (2012, p.84), “Menciona a la explicación determinada de la naturaleza o mundo actual que trabaja con realidades del fenómeno u objeto de estudio”.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.80) “Determina rasgos, propiedades y particularidades significativos de cualquier fenómeno. Asimismo, especifica la inclinación de una población o grupo”.

Tabla 1. Muestras y Observaciones

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Fuente: Metodología de la Investigación

Dónde:

M1 y M2 son muestras

O1 y O2 son observaciones

2.2 Operacionalización de Variables

2.2.1 Variable Independiente: Diseño de una silla de ruedas autónoma.

2.2.2 Variable Dependiente: Operación y autonomía.

2.2.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 2. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Diseño de la silla de ruedas autónoma	“El diseño de una máquina es el procedimiento que se determina las medidas, materiales, técnica y movimiento de una máquina” (Budynas, Nisbett y Ríos, 2008, p. 5).	Se conceptualizó y diseñado una máquina para el traslado de los usuarios con discapacidad, como es la silla de ruedas autónoma.	Potencia	KW	Observación Verificación Documentaria
			Dimensiones	mm	
			Material	tipo	
			Velocidad	m/s	
Variable Dependiente: Operación y autonomía.	Es la capacidad que tiene para realizar desplazarse sin abastecimiento de energía.	Capacidad de la silla de ruedas a desplazarse, subir y bajar escaleras.	Recorrido	m	Observación

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

“Es la integridad del universo, comprende a todos los miembros de un grupo” (Cruz, Olivares y Gonzáles, 2014, p.7).

Personas con discapacidad motriz

2.3.2 Muestra

“Es la parte representativa del universo de estudio. La muestra se obtiene por muestreo probabilístico o no probabilístico” (Baena Paz, 2014, p.84).

Personas con discapacidad en la región

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 3. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Observación	Caracterización de los parámetros de diseño de la silla de ruedas autónoma. Evaluación del diseño de la silla de ruedas autónoma.	Ficha de registro parámetros de diseño Ficha de control de diseño
Verificación Documentaria	Indagación de datos técnicos y elementos estándar para el diseño.	Ficha de revisión documentaria

Fuente: Elaboración Propia

2.4.1 Técnicas de Recolección de datos

Observación

“La observación directa es donde el indagador realiza la selección de información; sin controlar las personas implicadas” (Baena Paz, 2014, p.41).

Usando la observación se caracterizarán los parámetros de diseño de la silla de ruedas autónoma, ya que, se evaluará las diferentes formas de trabajo que estarán sujetos el diseño

y la ergonomía de las personas con discapacidad motora. Además, se usará esta técnica para la evaluar el diseño de la silla de ruedas autónoma.

Revisión Documentaria

“Se realiza fichas de trabajo considerando como fundamento primordial: el concepto, las particularidades y las generalidades de las hipótesis” (Gómez Bastar, 2012, p. 44).

Con la revisión documentaria se indagará los diferentes parámetros para el diseño de la silla de ruedas autónoma y los componentes idóneos para las diferentes piezas.

2.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Ficha de registro de parámetros de diseño

La Ficha de registro registrará las diversas condiciones a las que se va a someter la silla autónoma, tomando en cuentas las características constructivas de las escaleras para subir de nivel en la región.

Asimismo, consiste de dos partes: Los datos generales del evaluador, hora y la fecha, de igual forma, se detallará las diversas condiciones de la escalera a evaluar, número de peldaños, dimensiones del paso y contrapaso, etc.

Ficha de control de diseño

Este instrumento evaluará las dimensiones, capacidad y funcionalidad de la silla de ruedas autónoma. La ficha de control presenta 2 partes: Los datos generales (nombre del evaluador, hora fecha), igualmente, los parámetros a estimar y los resultados conseguidos.

Ficha de Revisión Documentaria

“Para recopilar los datos se emplean técnicas fundamentales como la investigación documental y de campo” (Baena Paz, 2014, p.17).

Este instrumento llevará un registro de los diferentes documentos empleados para diseñar la silla de ruedas autónoma. Por ejemplo: manuales e información técnica de las máquinas para su comparar y elegir la más apropiada.

2.4.3 Validez

Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.130), menciona que “La validez es el valor en que una herramienta realmente evalúa la variable que intenta medir”.

Los instrumentos de recolección de datos y la metodología se validarán por profesionales en la materia de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

2.4.4 Confiabilidad

Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.200), dice que “La confiabilidad de una herramienta de medición se refiere al valor en que su aplicación reiterada a la misma persona crea resultados sólidos y coherentes”.

La investigación tendrá veracidad de los resultados conseguidos, ya que, se validarán los instrumentos por los expertos en la materia, por ende, si es necesario un cambio de acuerdo a sus requerimientos se dará importancia a sus criterios.

2.5 Procedimiento



Figura 1. Procedimiento

2.6 Métodos de Análisis de Datos

El análisis estadístico define si hay una relación entre las dos variables, a través de la tabulación de los datos y evaluación, que proporcionarán parámetros al diseñar la silla de ruedas autónoma.

2.7 Aspectos Éticos

Se debe respetar la propiedad intelectual, la confiabilidad de los datos recolectados y la veracidad de los resultados. De igual importancia, el diseño de la silla de ruedas autónoma propuesta no tiene una consecuencia adversa para la sociedad si no un beneficio.

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización de los parámetros de diseño de la silla de ruedas para el desplazamiento en escaleras en edificaciones

En la caracterización del diseño se tomó en cuenta los estudios basados en tesis, artículos, revistas, normas y empresas dedicadas al rubro de la manufactura de sillas de ruedas.

El instituto de Biomecánica de Valencia realizó un análisis exhausto donde determinó que bajo esas medidas reglamentadas aprobadas por el Ministerio de Trabajo y servicios sociales un 90% de las personas se adaptaron a ese espacio de trabajo, teniendo así, las medidas estandarizadas y reglamentadas para aumentar la calidad de vida de los habitantes con discapacidad. En la siguiente figura se detalla los parámetros de consideración:

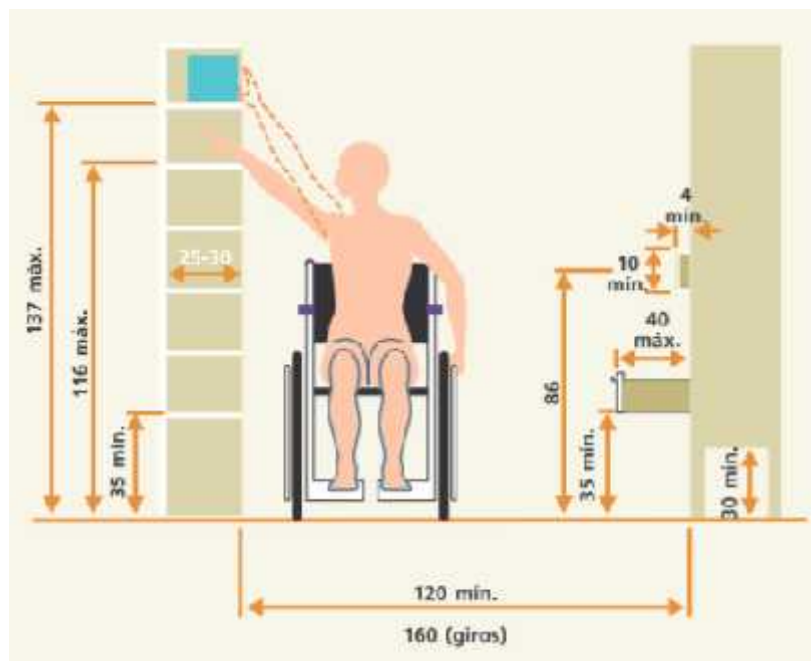


Figura 2. Parámetros de Consideración

Por lo tanto, el producto “silla de ruedas” debe cubrir las necesidades de la persona en discapacidad. A continuación, se detalla en la siguiente figura las características que debe tener un producto diseñado:



Figura 3. Características de un producto diseñado

La norma peruana A.120 establecida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Donde cabe resaltar:

- ❖ Los pasadizos de ancho $< 1,50$ m. deberán tener espacios de giro de una silla de ruedas de $1,50$ m. x $1,50$ m., cada 25 m. En pasadizos con longitudes menores debe existir un espacio de giro.

La norma A. 010 Condiciones Generales de Diseño – Reglamento Nacional de Edificaciones Peruanas especifica lo siguiente:

- ❖ El número y ancho de las escaleras se define según la distancia del ambiente más alejado de la escalera y el número de ocupantes de la edificación a partir del segundo piso, según lo siguiente:

Uso residencial

ancho total requerido

De 1 a 300 ocupantes

1,20 m en escalera

- ❖ Las escaleras contarán con un máximo de 17 pasos entre descansos y la dimensión de los descansos deberá tener un mínimo de 0,90 m.
- ❖ En cada tramo de escalera, los pasos y los contrapasos serán uniformes, debiendo cumplir con la regla de 2 contrapasos + 1 paso. Asimismo, debe tener entre 0,60 m-0,64 m, con un mínimo de 0,25 m para los pasos y un máximo de 0,18 m para los contrapasos.

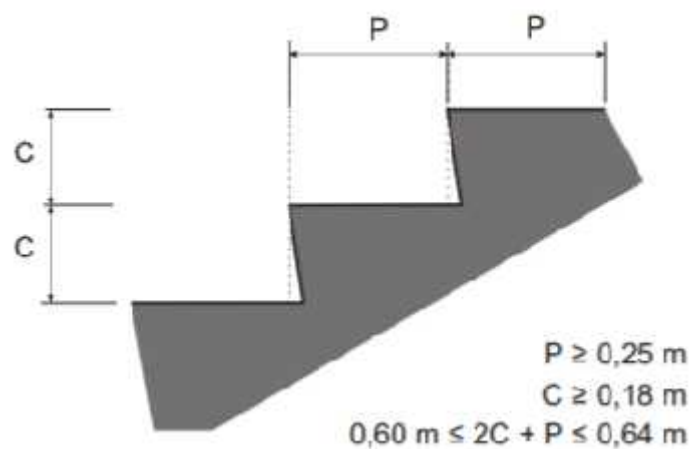


Figura 4. Dimensiones de paso y contrapaso

- ❖ Las escaleras de más de 1,20 m hasta 2,40 m tendrán pasamanos a ambos lados. Las que tengan más de 3 m deberán contar además con un pasamanos central.

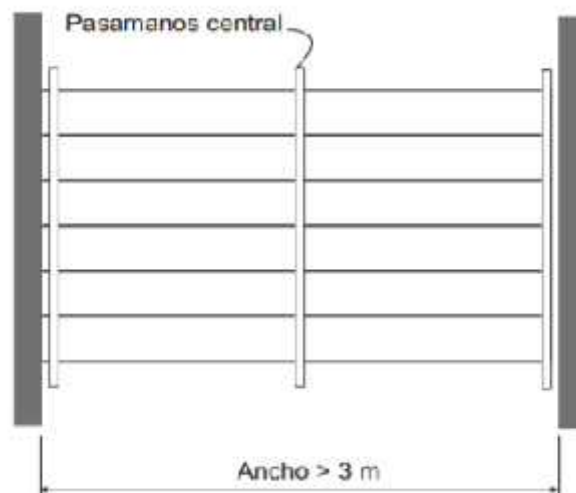


Figura 5. Dimensiones de ancho de escalera

- ❖ Podrán existir pasos en diagonal siempre que a 0,30 del inicio del paso, éste tenga cuando menos 0,28 m.



Figura 6. Dimensiones de giro de escalera

Los parámetros de diseño que se tomarán en cuenta para el sistema se muestran a continuación en la tabla 4:

Tabla 4. Parámetros de diseño

PARÁMETROS DE DISEÑO			
PARÁMETRO	NORMATIVA	PARÁMETRO	NORMATIVA
ANCHO:	900 mm	ALTO	860 mm
HUELLA / PASO:	P 0,25 m	CONTRA HUELLA / CONTRA PASO	C 0,18 m
ESCALERA INTEGRADA / EVACUACIÓN:	1200 mm	ESCALERA INTEGRADA / DESCANSO	17 pasos > Descanso 900 mm

Fuente: Reglamento de construcción

3.2 Calcular los diversos elementos electromecánicos de la silla de ruedas autónoma

3.2.1 Cálculo de los escalones

Determinación de los valores correspondientes a la huella y a la contrahuella.

$$0,60 \text{ m} \quad 2ch + h \quad 0,64 \text{ m}$$

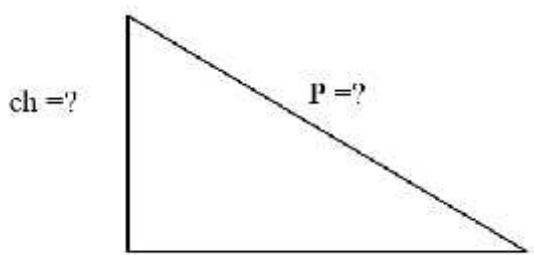
Dónde:

ch: contra huella

h: huella

Para el propósito de cálculo se utilizó los siguientes valores de la contra huella especificados en la Norma Técnica Peruana A.010 Condiciones Generales de Diseño – Reglamento Nacional de Edificaciones Peruanas.

3.2.2 Contra huella de 160 mm



Dónde:

P: Pendiente

: Ángulo de pendiente

Desarrollo:

$$2ch + h = 0,64$$

$$ch = (640 - 280) / 2$$

$$ch = 180 \text{ mm} \quad \text{Contra huella 1}$$

Fórmula de Pitágoras

$$P^2 = h^2 + ch^2$$

$$P^2 = (280)^2 + (180)^2$$

$$P = 332,86 \text{ mm Peralte 1}$$

Ángulo de peralte

Aplicando tangente se obtuvo el ángulo de la siguiente manera:

$$= \text{inv. tg} [(0,18) / (0,28)]$$

$$= 36,82^\circ \quad \text{Ángulo de peralte 1}$$

3.2.3 Diseño de la Cadena

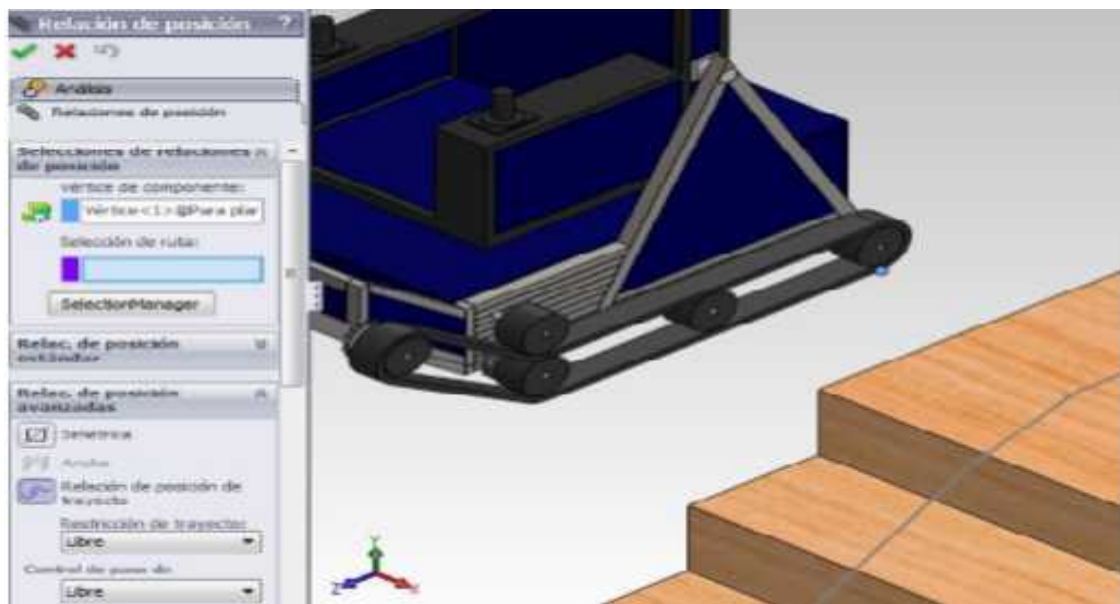


Figura 7. Cadena de silla de ruedas

- ┐ Para un ancho de cadena $L = 16,51 \text{ mm}$ el paso $p = 12,7 \text{ mm}$
- ┐ Para un ancho de cadena $L = 16 \text{ mm}$ el paso $p = 15,875 \text{ mm}$

3.2.3.1 Diseño de la cadena con paso 12,7mm y 12 dientes

3.2.3.1.1 Cálculo del número de eslabones

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z1 + z2}{2} + \frac{p(z1 + z2)^2}{40 - C}$$

Dónde:

- N = número de eslabones (aproximar a número entero)
- C = distancia entre centros
- p = paso
- z1 = número de dientes de la polea conducida
- z2 = número de dientes de la polea conductora

Datos:

Paso = 12,7 mm

z1=z2=12

C = 720 mm

Desarrollo

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z1 + z2}{2} + \frac{p(z1 + z2)^2}{40 - C}$$

$$N = \frac{2(720m)}{12,7m} + \frac{12 + 12}{2} + \frac{12,7m (12 + 12)^2}{40 - 720m}$$

$$N \times 113,38 \Gamma 12 \Gamma 0,0254$$

$$N = 125,4 \quad 125$$

3.2.3.1.2 Cálculo de la distancia entre centros

$$C = \frac{p}{8} \left[A + \sqrt{(A + 0,9B)(A - 0,9B)} \right]$$

$$A \times 2N \times Z(z_1 \Gamma z_2); B \times (z_2 \times Z z_1)$$

Dónde:

- C = distancia entre centros
- p = paso
- z1= número de dientes de la polea conducida
- z2 = número de dientes de la polea conductora
- A = factor
- B = factor

Con el número de eslabones obtenido recalcular la distancia entre centros para verificar si cumple con la medida de diseño.

Desarrollo:

$$A \times 2N \times Z(z_1 \Gamma z_2)$$

$$B \times (z_2 \times Z z_1)$$

$$A \times 2(125) \times Z(12 \Gamma 12)$$

$$B \times (12 \times Z 12)$$

$$A \times 250 \times Z 24$$

$$B \times 0$$

$$A \times 226$$

$$C = \frac{p}{8} \left[A + \sqrt{(A + 0.9B)(A - 0.9B)} \right]$$

$$C = \frac{12,7m}{8} \left[226 + \sqrt{(226)(226)} \right]$$

$$C = 717,56mm \text{ (NO CUMPLE)}$$

3.2.3.2 Diseño de la cadena con paso 15,875 mm y 12 dientes

3.2.3.2.1 Cálculo de número de eslabones

Datos:

$$Paso = 15,875\text{mm}$$

$$z_1 = z_2 = 12$$

$$C = 720\text{mm}$$

Desarrollo

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 - C}$$

$$N = \frac{2(720\text{mm})}{15,875} + \frac{12 + 12}{2} + \frac{15,875\text{mm} (12 + 12)^2}{40 - 720}$$

$$N \approx 90,7 \approx 12 \approx 0,3175$$

$$N = 103$$

3.2.3.2.2 Cálculo de la distancia entre centros

Con el número de eslabones obtenido recalculamos la distancia entre centros para verificar si cumple con la medida de diseño.

$$A \approx 2N \cdot Z(z_1 \approx z_2) \quad B \approx X(z_2 \approx Z z_1)$$

$$A \approx 2(103) \cdot Z(12 \approx 12) \quad B \approx X(12 \approx Z 12)$$

$$A \approx 206 \cdot Z 24 \quad B \approx X 0$$

$$A \approx 182$$

$$C = \frac{p}{8} [A + \sqrt{(A + 0,9B)(A - 0,9B)}]$$

$$C = \frac{15,875\text{mm}}{8} [182 + \sqrt{(182)(182)}]$$

$$C = 722\text{mm (SI CUMPLE)}$$

3.2.4 Selección de la cadena

Con los datos obtenidos se selecciona la cadena más adecuada.

Cadena #10

- Paso (p) = 15,875mm
- Ancho de la cadena (L) = 16mm
- Ancho interior de la cadena (c) = 6,48mm
- Diámetro del rodillo (d) = 10,16mm
- Espesor de la cabeza del rodillo (P) = 1,52mm
- Espesor de la tuerca de la cabeza del rodillo = 4,06mm

3.2.4.1 Cálculo de la tensión de trabajo de la cadena

Con la cadena seleccionada calcular la tensión de trabajo

$$T = \frac{T}{r}$$

Donde:

Tt = tensión de trabajo

Tr = carga de rotura

r = factor de seguridad

Restricciones

La tensión de trabajo de la máquina será 180 kg.

La carga de rotura es de 2172 kg para la cadena número 10 según la Tabla 9 del Prontuario de Máquinas - N. Larburu - 13ra Edición.

El factor de seguridad a usarse será de 8 debido a que funcionará en un ambiente semilimpio lubricado.

$$T = \frac{T}{r}$$

$$T = \frac{2172k}{8}$$

$$T_t = 272,12\text{kg (SI CUMPLE)}$$

Nota: La tensión de trabajo con la cadena número 10 está sobredimensionada por lo que se realizará un nuevo cálculo con otra cadena.

3.2.4.2 Diseño de la cadena con paso 12,7mm y 16 dientes

3.2.4.2.1 Cálculo de número de eslabones

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C}$$

Dónde:

- N = número de eslabones (aproximar a número entero)
- C = distancia entre centros
- p = paso
- z1= número de dientes de la polea conducida
- z2 = número de dientes de la polea conductora

Datos:

Paso = 12,7 mm

z1=z2 =16

C = 716 mm

Desarrollo:

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C}$$

$$N = \frac{2(716\text{mm})}{12,7\text{mm}} + \frac{16 + 16}{2} + \frac{12,7(16 + 16)^2}{40 * 716}$$

$$N = 129,21 \quad 129$$

3.2.4.2.2 Cálculo de la distancia entre centros

$$C = \frac{p}{8} \left[A + \sqrt{(A + 0,9)(A - 0,9)} \right]$$

$$A \times 2N \times Z(z_1 \Gamma z_2); B \times (z_2 \times z_1)$$

Dónde:

- C = distancia entre centros
- p = paso
- z1= número de dientes de la polea conducida
- z2 = número de dientes de la polea conductora
- A = factor
- B = factor

Con el número de eslabones obtenido recalcular la distancia entre centros para verificar si cumple con la medida de diseño.

Desarrollo:

$$A \times 2N \times Z(z_1 \Gamma z_2)$$

$$B \times (z_2 \times z_1)$$

$$A \times 2(129) \times Z(16 \Gamma 16)$$

$$B \times (16 \times 16)$$

A X258 Z32

B X0

A X226

$$C = \frac{p}{8} [A + \sqrt{(A + 0,9B)(A - 0,9B)}]$$

$$C = \frac{12,7}{8} [266 + \sqrt{(226)(226)}]$$

$C = 717,5 \text{ mm (SI CUMPLE)}$

3.2.5 Selección de la cadena

Con los datos obtenidos se selecciona la cadena más adecuada.

Cadena #7⁶⁰

- Paso (p) = 12,7mm
- Ancho de la cadena (L) = 16.51mm
- Ancho interior de la cadena (c) = 7,75mm
- Diámetro del rodillo (d) = 8,51mm
- Espesor de la cabeza del rodillo (P) = 1,40mm
- Espesor de la tuerca de la cabeza del rodillo = 3,81mm

3.2.5.1 Cálculo de la tensión de trabajo de la cadena

Con la cadena seleccionada calcular la tensión de trabajo

$$T = \frac{T}{r}$$

Dónde:

Tt = tensión de trabajo

Tr = carga de rotura

r = factor de seguridad

Restricciones

La tensión de trabajo de la máquina será 180 kg.

La carga de rotura es de 1588 kg para la cadena número 7 según la Tabla 9 del Prontuario de Máquinas - N. Larburu - 13ra Edición.

El factor de seguridad a usarse será de 8 debido a que funcionará en un ambiente semilimpio lubricado.

$$T = \frac{T}{r}$$

$$T = \frac{1588}{8}$$

$$T_t = 198.5 \text{ kg (SI CUMPLE)}$$

3.2.6 Diseño de catalina

3.2.6.1 Diseño de catalina con paso 15,875 mm y 12 dientes

3.2.6.1.1 Diámetro primitivo

$$dp \times z \cos \gamma$$

Dónde:

dp = diámetro primitivo

z = número de dientes

Con el número de dientes de la polea se obtiene el cos de la Tabla 10-9 del Prontuario de Máquinas - N. Larburu - 13ra Edición.

$$\cos \gamma = 3,864 \text{ mm}$$

$$dp \times z \cos \gamma$$

$$dp \times 12(3,864 \text{ mm})$$

$$D_p = 46,36 \text{ mm}$$

3.2.6.1.2 Diámetro de fondo

$$df = dp - 2r$$

Dónde:

df = diámetro de fondo

dp = diámetro primitivo

r = radio del rodillo

$$df = dp - 2r$$

$$df = 46,36\text{mm} - 2 \cdot 5,08\text{mm}$$

$$df = 41,28\text{ mm}$$

3.2.6.1.3 Diámetro exterior

$$de = dp + 0,8d$$

Dónde:

de = diámetro exterior dp = diámetro primitivo d = diámetro del rodillo

$$De = dp + 0,8d$$

$$De = 46,36\text{mm} + 0,8(10,16\text{mm})$$

$$De = 54,48\text{ mm (NO CUMPLE)}$$

Nota: Recalcular las dimensiones de la catalina con un número mayor de dientes, ya que, es muy pequeña para el diseño del mecanismo.

3.2.6.2 Diseño de catalina con paso 12,7mm y 16 dientes

3.2.6.2.1 Diámetro primitivo

$$DP = \frac{z \cdot p}{\pi}$$

Dónde:

Dp = diámetro primitivo

z = número de dientes

Con el número de dientes de la plea se obtiene el \cos de la Tabla 10-9 del Prontuario de Máquinas - N. Larburu - 13ra Edición.

$$\cos = 5,126 \text{ mm}$$

$$dp \times Z \cos r$$

$$Dp \times 16(5,126 \text{ mm})$$

$$\mathbf{Dp = 82,016 \text{ mm}}$$

3.2.6.2.2 Diámetro de fondo

$$df \times dp \times Z r$$

Dónde:

df = diámetro de fondo

dp = diámetro primitivo

r = radio del rodillo

$$df \times dp \times Z r$$

$$df \times 82,016 \text{ mm} \times 4,255 \text{ mm}$$

$$\mathbf{df = 77,761 \text{ mm}}$$

3.2.6.2.3 Diámetro exterior

$$de \times dp \times 0,8d$$

Dónde:

de = diámetro exterior

dp = diámetro primitivo

d = diámetro del rodillo

$$de \times dp \times 0,8d$$

$$de \times 82,016 \text{ mm} \times 0,8(8,51 \text{ mm})$$

$$\mathbf{de = 88,824 \text{ mm} \quad 90 \text{ mm (SI CUMPLE)}}$$

3.2.7 Diseño de cadena a 40 grados

Según la Tabla 8-9 del Prontuario de Máquinas - N. Larburu - 3ra Edición Para un ancho de cadena $L = 16,51$ mm el paso $p = 12,7$ mm.

3.2.7.1 Cálculos de número de eslabones

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z1 + z2}{2} + \frac{p(z1 + z2)^2}{40 * C}$$

Dónde:

- N = número de eslabones (aproximar a número entero)
- C = distancia entre centros
- p = paso
- $z1$ = número de dientes de la polea conducida
- $z2$ = número de dientes de la polea conductora

Datos

Paso = 12,7mm

$z1=z2=16$

$C = 358$ mm

Desarrollo:

$$N = \frac{2C}{p} + \frac{z1 + z2}{2} + \frac{p(z1 + z2)^2}{40 * C}$$

$$N = \frac{2(358m)}{12,7m} + \frac{16 + 16}{2} + \frac{12,7m (16 + 16)^2}{40(358m)}$$

$$N \approx 56,38 \approx 56$$

$$N=72,6 \approx 73$$

3.2.7.2 Cálculo de la distancia entre centros

Con el número de eslabones obtenido recalculamos la distancia entre centros para verificar si cumple con la medida de diseño.

$$A \times 2N \times Z(z_1 \Gamma z_2)$$

$$B \times (z_2 \times Z \times z_1)$$

$$A \times 2(73) \times Z(16 \Gamma 16)$$

$$B \times (16 \times Z \times 16)$$

$$A \times 146 \times Z \times 32$$

$$B \times 0$$

$$A \times 114$$

$$C = \frac{P}{8} [A + \sqrt{(A + 0,9B)(A - 0,9B)}]$$

|

$$C = \frac{12,7}{8} [114 + \sqrt{(114)(114)}]$$

$$C = 360 \text{ mm (SI CUMPLE)}$$

3.2.8 Selección de la cadena

Con los datos obtenidos seleccionamos la cadena más adecuada.

Cadena #7 ⁶²

- Paso (p) = 12,7mm
- Ancho de la cadena (L) = 16,51mm
- Ancho interior de la cadena (c) = 7,75mm
- Diámetro del rodillo (d) = 8,51mm
- Espesor de la cabeza del rodillo (P) = 1,40mm

3.2.8.1 Cálculo de la tensión de trabajo de la cadena

Con la cadena seleccionada calculamos la tensión de trabajo. Teniendo que, el espesor de la tuerca de la cabeza del rodillo es 3,81mm.

$$T = \frac{T}{r}$$

Dónde:

Tt = tensión de trabajo

Tr = carga de rotura

r = factor de seguridad

Restricciones:

La tensión de trabajo de la máquina será 180 kg.

La carga de rotura es de 1 588 kg para la cadena número 7 según la Tabla 8-9

El factor de seguridad a usarse será de 8 debido a que funcionará en un ambiente semilimpio lubricado.

$$T = \frac{T}{r}$$

$$T = \frac{1588 \text{ kg}}{8}$$

Tt = 198,5 kg (SI CUMPLE)

3.2.9 Diseño del dentado de las ruedas para cadenas de rodillo

Con la cadena obtenida seleccionar el dentado adecuado para cadenas de rodillo.

Cadena #7 ⁶⁴

- b1 máximo= 7,24 mm
- b1 mínimo= 6,99 mm

- b2 máximo= 21,16 mm
- b2 mínimo= 20,90 mm

- $b_3 \text{ máximo} = 35,08 \text{ mm}$
- $b_3 \text{ mínimo} = 34,82 \text{ mm}$

- Alturas $h_1 = 2,03 \text{ mm}$
- Alturas $h_2 = 2,79 \text{ mm}$

- Radios $r_1 = 0,76 \text{ mm}$
- Radios $r_2 = 12,70 \text{ mm}$

Nota: Seleccionar los valores máximos para el diseño del dentado de las ruedas para cadenas de rodillo.

3.2.10 Cálculo del tornillo sin fin y corona

Suponer un módulo que permita soportar una carga similar a la necesitada para la silla de ruedas.

$$m = 2$$

Para velocidades lentas $\beta = (5 \text{ a } 10)^\circ$

En este caso se seleccionará $\beta = 10^\circ$ que es el máximo.

3.2.11 Cálculo de los parámetros que conforman el diseño del tornillo sin fin y corona

3.2.11.1 Paso normal o real (P_n)

$$P_n = \frac{P}{\cos \beta} \times m_n$$

Dónde:

P_n = Paso normal o real

m_n = Módulo real

$$P_n = \frac{P}{\cos \beta} \times (2)$$

$P_n = 2$

3.2.11.2 Diámetro primitivo (dp)

El prontuario de máquinas herramientas en la página 339 recomienda que para obtener el diámetro primitivo del sin fin este debe ser igual o similar al diámetro primitivo de la fresa madre con que va a ser fabricada.

$$dp \text{ del sin fin} = dp \text{ de la fresa madre (fresa de construcción)}$$

Nota: Bajo el mismo principio explicado anteriormente los diámetros primitivos también son iguales o similares.

Según catálogo de herramientas Izar en su página 262 para módulo 2 un diámetro exterior determinado ($De = 60 \text{ mm}$).

3.2.11.3 Diámetro exterior (de)

$$de = dp + 2 \text{ mn}$$

Dónde:

de = Diámetro

exterior

dp = Diámetro

primitivo

$$60 = dp + 2(2)$$

$$dp = 60 - 4$$

$dp = 56 \text{ mm}$

3.2.11.4 Número de dientes (z)

$$z = \frac{d (\cos \beta)}{m}$$

$$z = \frac{56 \times \cos 10^\circ}{2}$$

$$z = 27,56 \quad 28$$

3.2.11.5 Módulo circunferencial (mc)

$$m = \frac{d}{z}$$

$$m = \frac{60}{28}$$

$$mc = 2,14$$

3.2.11.6 Espesor cordal del diente (e)

$$e = m * z * \frac{s}{z}$$

$$e = (2,14) * 28 * \frac{s}{z}$$

$$e = 3,36 \text{ mm}$$

|
|

3.2.11.7 Altura cordal del diente(ac)

$$A = m \left[1 + \left(\frac{z}{2} \right) \times \left(1 - \cos \frac{90}{z} \right) \right]$$

$$A = m \left[1 + \left(\frac{28}{2} \right) \times \left(1 - \cos \frac{90}{28} \right) \right]$$

$$ac = \frac{Z \cos \beta}{f_1 \Gamma_1} \left| \frac{f_2 \Gamma_2}{f_1 \Gamma_1} \right|$$

$$ac = 2,18 \text{ mm}$$

3.2.12 Cálculo de la carga máxima que soporta el diseño con módulo (mn = 2)

3.2.12.1 Área sección (as)

$$as = e \times ac$$

$$as = (3,36) \times (2,18)$$

$$as = 7,32 \text{ mm}^2$$

Nota: Para este caso se a utilizar Hierro Fundido con las siguientes aleaciones 85% Cu, 5% Sn, 5% Pb, 5%Zn.

El mismo cuenta con un $S_y = 15 \text{ kgf} / \text{mm}^2$

3.2.12.2 Carga máxima del sistema (Cmáx)

$$C \text{ máx} = S_y \times as \times F_s$$

$$C \text{ máx} = 15 (\text{kg/mm}^2) \times 7,32 (\text{mm}^2) \times 3$$

$$C \text{ máx} = 329,4 \text{ kg}$$

Nota: Para el diseño se necesita un **Cmáx = 180 kg**, por lo tanto, el cálculo es muy alto, por esto se recalculará con módulo 1,75.

3.2.13 Recálculo de los elementos que conforman el tornillo sin fin

Suponer un módulo que permita soportar una carga similar a la necesitada para la silla de ruedas.

$$m = 1,75$$

Para velocidades lentas $\beta = (5 \text{ a } 10)^\circ$

En este caso se seleccionará $\beta = 10^\circ$ que es el máximo.

3.2.14 Cálculo de los parámetros que conforman el diseño del tornillo sin fin y corona

3.2.14.1 Paso real (P_n)

$$P_n = \dots * \text{mn}$$

$$P_n = \dots * (1,75)$$

$P_n = 1,75$

3.2.14.2 Diámetro primitivo (dp)

El prontuario de máquinas herramientas en la página 339 recomienda que para obtener el diámetro primitivo del sin fin este debe ser igual o similar al diámetro primitivo de la fresa madre con que va a ser fabricada.

$$D_p \text{ del sin fin} = d_p \text{ de la fresa madre (fresa de construcción)}$$

Nota: Bajo el mismo principio explicado anteriormente los diámetros primitivos también son iguales o similares.

Según catálogo de herramientas Izar en su página 262 para módulo 2 un diámetro exterior determinado ($D_e = 60 \text{ mm}$).

3.2.14.3 Diámetro exterior (de)

$$d_e = d_p + 2mn \quad 60 = d_p + 2(1,75)$$

$$d_p = 60 - 3,5$$

$$d_p = 56,5 \text{ mm}$$

3.2.14.4 Número de dientes (z)

$$z = \frac{d * \cos \beta}{m}$$

$$z = \frac{56.5 * \cos 10}{2}$$

$$z = 31,79 \quad 32$$

3.2.14.5 Módulo circunferencial (mc)

$$mc = \frac{d}{z}$$

$$m = \frac{60}{32}$$

$$mc = 1,76$$

3.2.14.6 Espesor cordal del diente (e)

$$e = m * z * \frac{s}{z}$$

$$e = (1,76) * 32 * \frac{s}{z}$$

$$e = 2,76 \text{ mm}$$

3.2.14.7 Altura cordal del diente (ac)

$$A = m \left[1 + \left(\frac{z}{2} \right) x \left(1 - c \frac{90}{z} \right) \right]$$

$$A = m \left[1 + \left(\frac{32}{2} \right) x \left(1 - c \frac{90}{32} \right) \right]$$

$$ac = 1,76 * 16 * \left[1 + \frac{32}{2} * \left(1 - c \frac{90}{32} \right) \right]$$

$$ac = 2,76 \text{ mm}$$

3.2.15 Recálculo de la carga máxima que soporta el tornillo sin fin con módulo (mn =1,75)

3.2.15.1 Área de sección (as)

$$as = e \times ac$$

$$as = (1,80) \times (2,76)$$

as = 4,97 mm²

Para nuestro caso vamos a utilizar Hierro Fundido con las siguientes aleaciones 85% Cu, 5% Sn, 5% Pb, 5%Zn.

El mismo cuenta con un $S_y = 15 \text{ kg} / \text{mm}^2$

Carga máxima del sistema ($C_{\text{máx}}$)

$$C_{\text{máx}} \times S_y \mid as \mid F_s$$

$$C_{\text{máx}} = 15 (\text{kg/mm}^2) \times 4,97 (\text{mm}^2) \times 3$$

C máx= 223,65 kg

Nota: Para el diseño se necesita un $C_{\text{máx}} = 180 \text{ kg}$, por lo tanto, el cálculo realizado es suficiente para el diseño.

3.2.15.2 Paso circunferencial o aparente (P_c)

$$P_c = \times mc$$

$$P_c = \times (1,7)$$

Pc = 1,76

)

3.2.15.3 Paso hélice (H)

$$H = \frac{\pi \times d}{t_l}$$

$$H = \frac{\pi \times (56,5)}{t_l (10)}$$

H = 1006,80 mm

3.2.15.4 Ángulo (tgβ)

$$t_l = \frac{\pi \times d}{H}$$

$$t_l = \frac{\pi \times (56,5)}{(1006,80)}$$

tg β = 0,1763

3.2.15.5 Paso axial (px)

$$p = \frac{H}{z}$$

$$p = \frac{1006,80}{32}$$

px = 31,46 mm

3.2.15.6 Addendum (a)

$$a = mn$$

a = 1,75

3.2.15.7 Dedendum (b)

$$b = 1,25 \\ \times (mn)$$

$$b = 1,25 \\ \times (1,75)$$

b = 2,187

3.2.15.8 Diámetro exterior (de)

$$d = \frac{m \cdot z}{\cos \beta} + 2x$$

$$d = \frac{(1,7) \times (3)}{C (2)} + 2(1,75)$$

$$de = 56,86 + 3,5$$

de = 60,36 60 mm

3.2.16 Cálculo de los elementos que conforman el diseño de la corona

3.2.16.1 Módulo axial (mx1)

$$mx1 = m$$

mx1 = 1,75

3.2.16.2 Módulo normal (mn2)

$$mn2 = mx1 \times \cos \beta^\circ$$

$$mn2 = 1,75 \times \cos (10)$$

mn2 = 1,72

3.2.16.3 Módulo circunferencial (mc2)

$$mc2 = mx1$$

mc2 = 1,75

3.2.16.4 Paso axial (Px1)

$$P_{x1} = m_{x1} \times$$

$$P_{x1} = 1,75$$

3.2.16.5 Paso normal (Pn2)

$$P_{n2} = P_{x1} \times \cos \beta^\circ$$

$$P_{n2} = (1,75) \times \cos (10)$$

$$P_{n2} = 5,414$$

3.2.16.6 Paso circunferencial (Pc2)

$$P_{c2} = P_{x1}$$

$$P_{c2} = 1,75$$

3.2.16.7 Diámetro primitivo (dp2)

$$d_{p2} = m_{c2} \times z_2$$

$$d_{p2} = 56,5 \text{ (mm) (Calculado previamente)}$$

3.2.16.8 Número de dientes (z2)

$$z_2 = \frac{d_2}{m}$$

$$z_2 = \frac{56,5}{1,75}$$

$$z_2 = 32$$

3.2.16.9 Paso de la hélice (Ph2)

$$Ph_2 = d_{p2} \times \tan \beta_1$$

Dónde:

$\tan \beta_1$ = Ángulo de la hélice del tornillo sin fin (su cálculo fue realizado en los cálculos del Tornillo Sin Fin)

$$Ph_2 = 56,5 \times \tan (80)$$

$$Ph_2 = 1006,62 \text{ (mm)}$$

3.2.16.10 Addendum (a)

$$a_2 = m_n$$

$$a_2 = 1,75$$

3.2.16.11 Dedendum (b2)

$$b_2 = 1,2 \times m_n$$

$$b_2 = 1,2 \times (1,75)$$

$$b_2 = 2,1$$

3.2.16.12 Diámetro exterior de garganta

$$d_e = m \times (z_2 + 2)$$

$$d_e = (1,75) \times (32 + 2)$$

$$\boxed{d_e = 59,5 \text{ mm}}$$

3.2.16.13 Diámetro exterior máximo

$$d_{e2} = d_e + 1,5 \times m$$

$$d_{e2} = 59,5 + 1,5 \times (1,75)$$

$$\boxed{d_{e2} = 62,125 \text{ mm}}$$

3.2.16.14 Diámetro exterior mínimo

$$d_{e2} = d_e + m$$

$$d_{e2} = 59,5 + 1,75$$

$$\boxed{d_{e2} = 61,25 \text{ mm}}$$

3.2.16.15 Ancho de la corona (B)

i tiene de 1 a 2 filetes

$$B = 7,5 \times m + 6$$

$$B = 7,5 \times (1,75) + 6$$

$$\boxed{B = 19,125 \text{ mm}}$$

Si tiene de 3 o 8 filetes

$$B = 6,75 \times m + 6$$

$$B = 6,75 \times (1,75) + 6$$

$$B = 17,182 \text{ mm}$$

3.2.16.16 Radio de la garganta (R)

Dónde:

dp1 = diámetro primitivo del tornillo sin fin

$$R = \frac{d}{2} - m$$

$$R = \frac{58,25}{2} - 1,75$$

$$R = 27,37 \text{ mm}$$

Presentación del diseño:

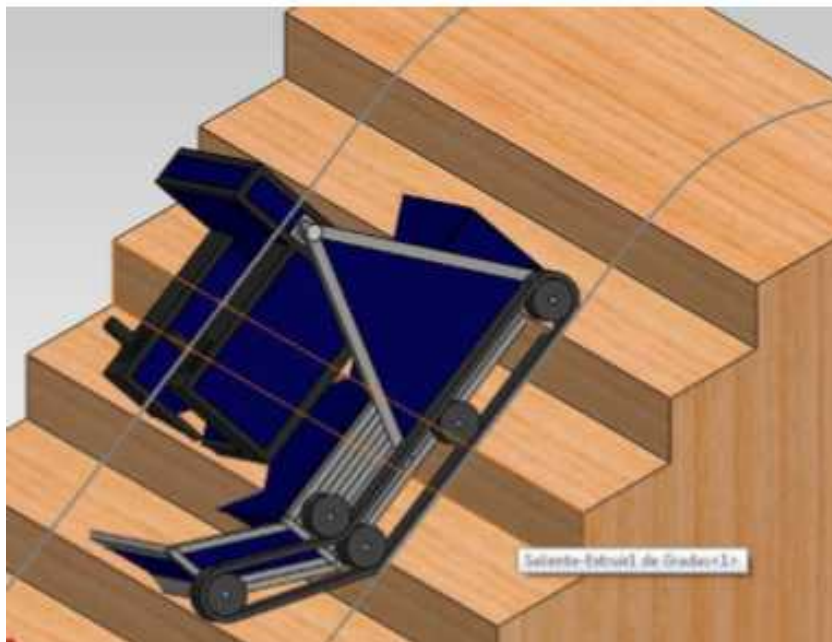


Figura 8. Presentación del diseño

3.2.16.17 Cálculo de motor cc

Se determinó las características del motor que se utilizará para el proyecto.

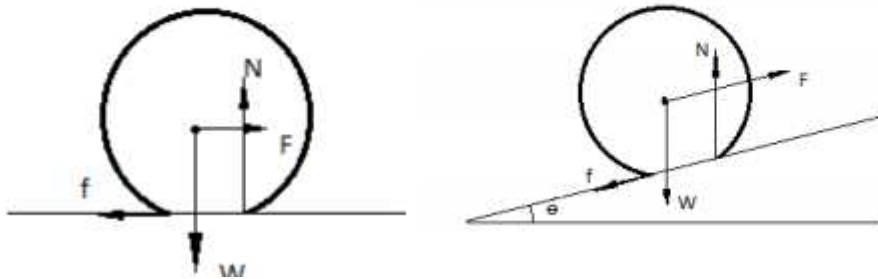


Figura 9. Análisis de fuerzas en la catalina de mayor diámetro

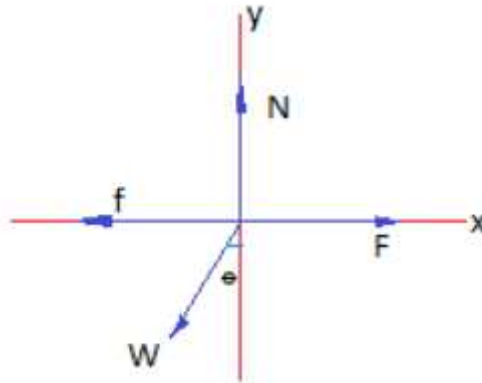


Figura 10. Diagrama de fuerzas para la silla de ruedas analizada como partícula

Dónde:

V = Velocidad promedio deseada de silla de ruedas = 2 m/seg.

R = Radio de la catalina = 0,016 m.

θ = Ángulo máximo de rampas para discapacitados = 36,82°.

W = Peso aproximado de diseño = 180 kg-f.

μ = Coeficiente de resistencia a la rodadura = 0,02m

C = Coeficiente de rodadura.

$$C = \frac{0,002m}{0,016m} = 1,25$$

N = Fuerza Normal.

F = Fuerza mínima necesaria para mover la silla de ruedas a carga máxima promedio.

f = Fuerza de rozamiento.

Se determinó en primera instancia la Fuerza Nominal.

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W_y = 0$$

$$N = W$$

$$N = (180 \times 9,81) C \quad (36,82)$$

$$N = 1413,56 \text{ N}$$

Se determinó la fuerza mínima necesaria para mover la silla de ruedas a carga máxima promedio.

$$F = 2C + W$$

$$F = 2(1,25) + 1765,8 S \quad (36,82^\circ)$$

$$F = 3560,7 \text{ N}$$

A continuación, se calculó la velocidad angular de la silla de ruedas:

ω = Velocidad angular.

$$\omega = \frac{V}{2\pi}$$

$$\omega = \frac{2 \text{ m/s}}{2\pi(0,016 \text{ m})}$$

$$\omega = 29,9 \frac{r}{m}$$

$$\omega = 3,131 \frac{r}{s}$$

Cálculo del Torque del Motor

Dónde:

P = Potencia mecánica

T = Torque

$$T = F \times R$$

$$T = 3560,7 \text{ N} \times 0,016 \text{ m}$$

$$T = 56,96 \text{ N}$$

$$P = \omega$$

$$P = 45,02 \text{ N} \times 3,131 \frac{r}{s} / s$$

$$P = 178,74 \text{ W}$$

$$178,74 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ H}}{745,7 \text{ W}} \right) \approx 0,24 \text{ H}$$

Se estima que la potencia requerida mínima por cada motor para poder movilizar un peso aproximado es de 180 kg-f a una velocidad prudente de 2 m/seg.

Se seleccionó motores de 0,5Hp, muy por encima de la potencia P anteriormente mencionada, la cual es la mínima admisible solo para sacar al sistema del equilibrio estático.

A continuación, se presenta el motor a seleccionar:



Figura 11. Motor eléctrico de reducción de engranajes 24V 350 W MY1016Z3 con piñón de 9 dientes

3.2.16.18 Cálculo de baterías

Por una mayor seguridad, se utilizó dos baterías de ácido y plomo completamente selladas, libre de mantención y de la marca ASAHI. En la siguiente Figura, se muestra la batería a seleccionar:



Figura 12. Batería 12V – 50 Ah

Tabla 5. Características de la batería a utilizar

BATERÍA ASAHI								
Modelo	N° placas	Capacidad Cranking	Dimensiones (mm)	Tipos bornes	Posiciones bornes	Origen	Peso kg	Ácido lt.
Ns40z	9	35/275	197 x 129 x 225	Delgado	2	Korea	7,3	3

Fuente: Baterías ASAHI

Para la elección de la batería para el proyecto se consideró de una forma muy precisa la autonomía que entregará mediante su capacidad, asimismo, se tomó en cuenta el tamaño para poder realizar el montaje, su accesibilidad y adquisición a un precio cómodo en el mercado. Cabe mencionar, que la capacidad de carga de una batería no es de forma gradual, sin embargo, es acorde a un tamaño y peso.

3.2.16.19 Conexiones del circuito serie (diagrama y circuito)

Para poder tener 24 voltios se tomó en cuenta la integración de dos baterías con una conexión en serie para abastecer el proyecto.

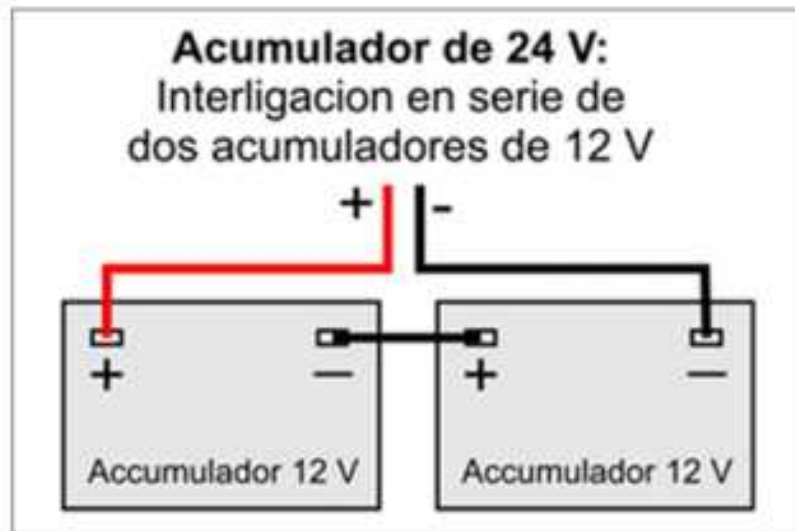


Figura 13. Baterías conectadas en serie

Autonomía de la batería en kilometraje de recorrido

Dónde:

Potencia del motor reductor: 350 W.

Velocidad: 7,2 Km/h.

Batería: 24 V 50 Ah

$$A_1 \quad \text{í}a = \frac{V}{P} \cdot A \cdot \frac{V}{M} \cdot \text{á}x$$

$$A_1 \quad \text{í}a = \frac{24 \times 50 \times 7,2}{350}$$

$$A_1 \quad \text{í}a = 24,7 \text{ K}$$

Por lo tanto, su autonomía sería de 24,7 Km.

Autonomía en tiempo

A continuación, se determinó la autonomía de la batería en horas y poder realizar la carga de la misma.

Considerando las corrientes se necesita para que el motor realice todos los pasos eficientemente tener lo siguiente:

$$I_V \quad \text{í}o = 1 \text{ A}$$

$$I_{N_1} = 2,5 \text{ A}$$

$$I_A = 19 \text{ A}$$

Considerado el gasto de energía al poner en marcha al motor por aproximadamente 5 segundos, se tendría:

$$I_A * I_p = 19 A \times 5 s = 95 A.s$$

Para poder calcular y estimar el gasto de energía al momento de poner en marcha se realizó una conversión a segundos.

$$50 Ah = 50 Ah \times 3600 s = 180\,000 A.s$$

A esa cantidad se resta la partida, teniendo que:

$$180\,000 A.s - 95 A.s = 179\,905 A.s$$

Entonces:

$$\frac{C}{h} = \frac{d}{b} \quad \frac{ía(Ah)}{(A)} = \frac{(179905/3600) A.s}{2,5 A} = 19:59:22 ho$$

Por lo tanto, el tiempo de autonomía es de 19:59:22 Horas.

3.2.16.20 Tarjeta de control y conexión a la tarjeta de control ARDUINO

Mediante el software de diseño de tarjetas electrónicas EAGLE, se realizó el diseño de la tarjeta a utilizar.

Para este proyecto se necesitará un JOYSTICK, cuál será el encargado de hacer que la silla de ruedas vaya hacia adelante, atrás, derecha e izquierda.



Figura 14. Joystick analógico

Asimismo, en la siguiente figura, se pudo determinar los valores que se puede obtener ante el movimiento en los planos “X” “Y”.

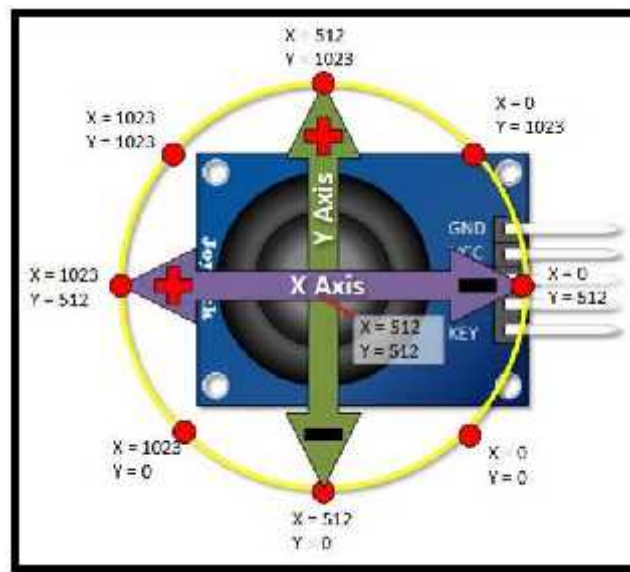


Figura 15. Valores de mapeo del Joystick

A continuación, se ilustra en la siguiente figura, la conexión del ARDUINO con el joystick para posteriormente realizar el código en la plataforma ARDUINO.

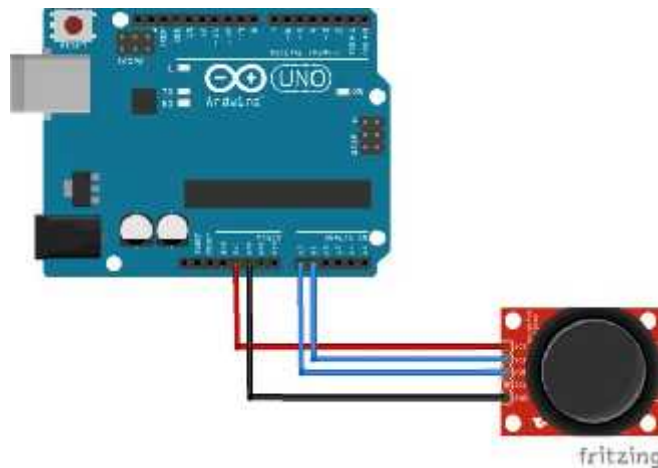


Figura 16. Conexión ARDUINO Y JOYSTICK

Teniendo los datos de mayor importancia se procedió al diseño de la tarjeta de control en el programa EAGLE.

En la siguiente figura, se muestra el JOYSTICK a los pines analógicos (A0 y A1) del ARDUINO MEGA

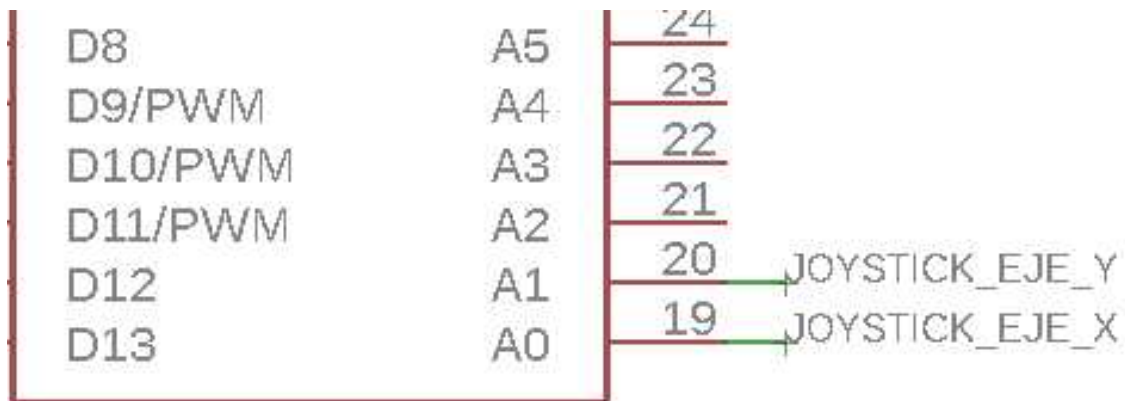


Figura 17. Conexión ARUDUINO y JOYSTICK

Para poder energizar la tarjeta de control, se tuvo en cuenta que el voltaje que brinda la batería es de 24V. Lo que se realiza en la Figura 18, es disminuir el voltaje de 24 V a 15 V (7 815T) y después a 8 V (7 808T), luego, de disminuir el voltaje se conectará a la tarjeta ARDUINO para que la misma tarjeta disminuya a 5V y se trabaje con total normalidad.

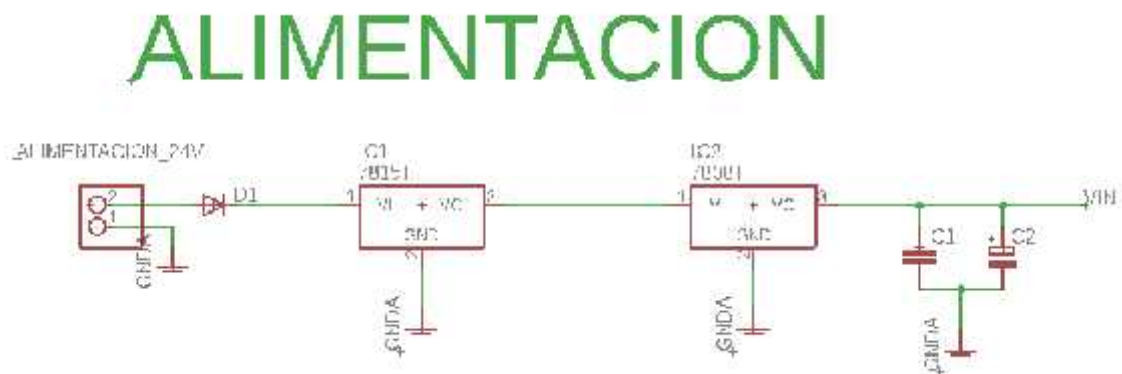
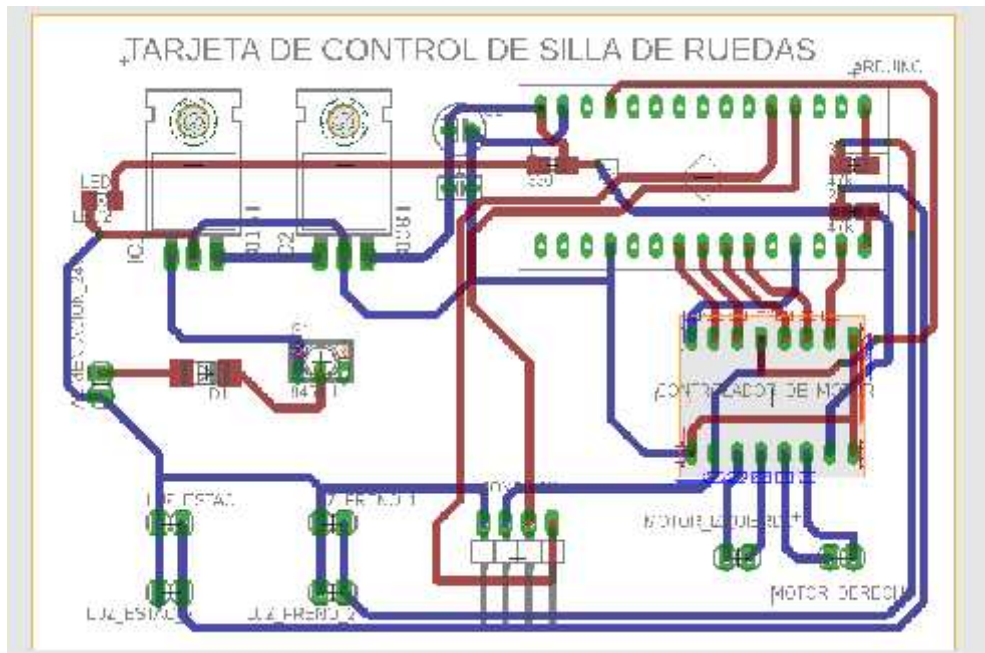


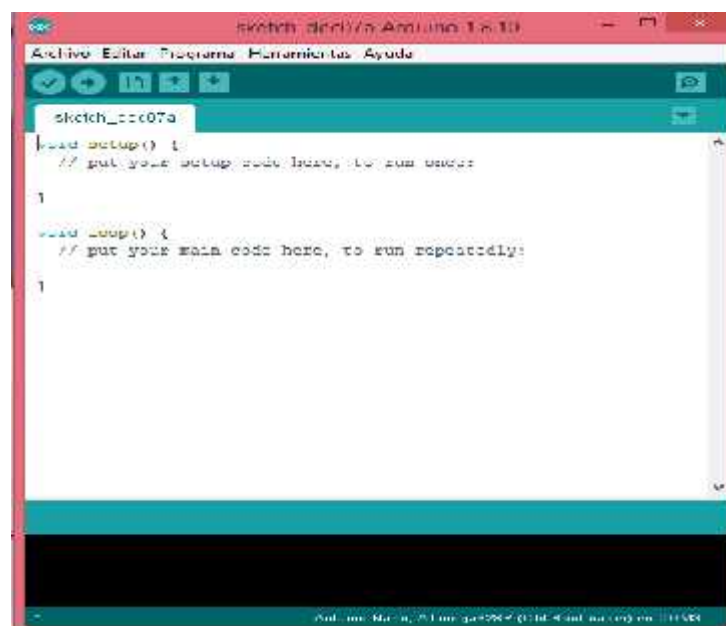
Figura 18. Disminución del voltaje para la tarjeta ARDUINO

Además, se determinó todas las conexiones correspondientes a todos los elementos electrónicos que involucran el diseño de la tarjeta. A continuación, se muestra el diseño final de la tarjeta de mando de la silla de ruedas:

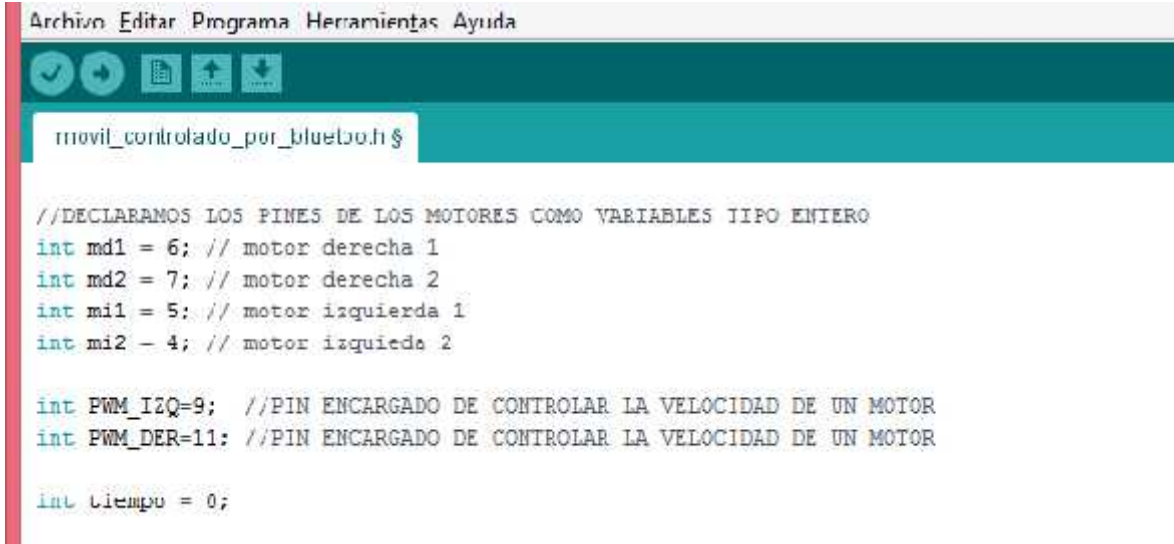


3.2.16.21 Control de mando

Para este gran proyecto se realizó el código en el programa ARDUINO. Una vez ingresado a la plataforma de ARDUINO, se encontró con su interfaz donde permitió empezar a escribir línea tras línea el código para la silla de ruedas autónoma como se aprecia a continuación, logrando visualizar la interfaz.



A continuación, se determinó los variables de ARDUINO y se declaró los pines de ARDUINO como variables de tipo entero para que ARDUINO pueda reconocer los pines en los cuales se trabajó.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

movil_controlado_por_bluetooth.h$

//DECLARAMOS LOS PINES DE LOS MOTORES COMO VARIABLES TIPO ENTERO
int md1 = 6; // motor derecha 1
int md2 = 7; // motor derecha 2
int mi1 = 5; // motor izquierda 1
int mi2 = 4; // motor izquierda 2

int PWM_I2Q=9; //PIN ENCARGADO DE CONTROLAR LA VELOCIDAD DE UN MOTOR
int PWM_DER=11; //PIN ENCARGADO DE CONTROLAR LA VELOCIDAD DE UN MOTOR

int tiempo = 0;
```

Figura 21. Pines de ARDUINO declarados como variables tipo entero

En el void setup (){} , se declaró todos los pines y se determinó si son entradas o salidas, en nuestro caso los pines de entrada fueron el JOYSTICK, y los pines de salida fueron los pines que se conectaran al motor.

```
void setup() {
    // inicializar la comunicación serial a 9600 bits por segundo:
    Serial.begin(9600);
    pinMode(4, OUTPUT); //DECLARAMOS LOS PINES COMO SALIDAS
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(6, OUTPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
    pinMode(A0, INPUT); // JOYSTICK EJE X
    pinMode(A1, INPUT); // JOYSTICK EJE Y
}
```

Figura 22. Declaración de entradas y salidas del ARDUINO

Para finalizar con el código del proyecto, se creó funciones donde se identificó por el movimiento de los motores 5 funciones donde se detallan a continuación:


```

void Mover_Adelante() //FUNCION ENCARGADA DE MOVER HACIA ADELANTE
{
    analogWrite(9, 120);
    analogWrite(11, 120);
    digitalWrite(mi1, HIGH);
    digitalWrite(mi2, LOW);
    digitalWrite(md1, HIGH);
    digitalWrite(md2, LOW);
}

```

Figura 23. Mover adelante

```

void Mover_Retroceso() { //FUNCION ENCARGADA DE MOVER HACIA ATRAS
    analogWrite(9, 120);
    analogWrite(11, 120);
    digitalWrite(mi1, LOW);
    digitalWrite(mi2, HIGH);
    digitalWrite(md1, LOW);
    digitalWrite(md2, HIGH);
}

```

Figura 24. Mover hacia atrás

```

void Mover_Derecha() { //FUNCION ENCARGADA DE MOVER HACIA LA DERECHA
    analogWrite(9, 120);
    analogWrite(11, 120);
    digitalWrite(mi1, HIGH);
    digitalWrite(mi2, LOW);
    digitalWrite(md1, LOW);
    digitalWrite(md2, HIGH);
}

```

Figura 25. Mover a la derecha

```

void Mover_Izquierda() { //FUNCION ENCARGADA DE MOVER HACIA LA IZQUIERDA
    analogWrite(9, 120);
    analogWrite(11, 120);
    digitalWrite(mi1, LOW);
    digitalWrite(mi2, HIGH);
    digitalWrite(md1, HIGH);
    digitalWrite(md2, LOW);
}

```


Figura 26. Mover a la izquierda

```
void Detenerse() {  ////FUNCION ENCARGADA FRENAR LA SILLA DE RUEDAS
  digitalWrite(mi1, HIGH);
  digitalWrite(mi2, HIGH);
  digitalWrite(md1, HIGH);
  digitalWrite(md2, HIGH);
}
```

Figura 27. Parar

Dando por finalizado el código en el programa ARDUINO.

3.3 Calcular el costo de elaboración de la silla de ruedas autónoma

Tabla 6. Materiales, Accesorios, Componentes eléctricos, Componentes electrónicos y Mano de Obra

MATERIALES					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	COSTO TOTAL	
1	Perfil cuadrado de aluminio	7	m	S/	278,00
2	Perfil circular de aluminio	3	m	S/	110,80
3	Chapa de aluminio	2	m	S/	70,00
4	Correa de transmisión	2	unid	S/	205,00
5	Discos de corte y devaste	2	unid	S/	120,00
6	Correa de seguridad	2	unid	S/.	80,00
7	Llantas de goma	6	unid	S/.	430,00
8	Mecanizado de 6 piñones	6	unid	S/	300,00
SUB-TOTAL 1: MATERIA PRIMA				S/	1593,80
COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	COSTO TOTAL	
1	Arduino Mega	1	unid	S/	120,00
2	Driver TB6612FNG	1	unid	S/.	105,00
3	Tarjeta electrónica	1	unid	S/	200,00
4	Joystick	1	unid	S/	70,00
5	Estaño	20	m	S/.	25,00
6	Componentes varios	-	unid	S/.	30,00
SUB-TOTAL 2: COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS				S/	550,00
ACCESORIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	COSTO TOTAL	
1	Rodamiento cilíndrico	8	unid	S/	300,00
2	Acoples	8	unid	S/	140,00
SUB-TOTAL 3: ACCESORIOS				S/	440,00
FABRICACIÓN Y EMSAMBLAJE DE LA SILLA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PERSONAL	TIEMPO (días)	COSTO TOTAL	
1	Mano de obra	2	5	S/	600,00
2	Pintura	1	1	S/	135,00
SUB-TOTAL 3: ACCESORIOS				S/	735,00
TOTAL 3: SILLA DE RUEDAS				S/	3313,80

IV. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la gran cantidad de personas que presentan discapacidad al poder ascender de un piso a otro, o para poder subir o bajar rampas, se planteó este gran proyecto con la finalidad de satisfacer esa necesidad en todas esas personas.

Con los cálculos previos se logró determinar el torque de los motores que accionará la silla de ruedas obteniendo un torque de 56,96 N, con una velocidad de 2 m/s movilizand una persona y el peso del sistema de la silla de ruedas que no exceda los 180 kg.

Se seleccionó el material a trabajar teniendo en cuenta las propiedades de los mismos y que sean resistentes a la deformación, igualmente, se logró poner mayor énfasis en la norma técnica peruana, con la finalidad de tener en cuenta las dimensiones de los escalones en diferentes edificios.

V. CONCLUSIONES

- J Se consideró las Normas vigentes con la finalidad de tener cuenta las distancias y características de los escalones. Asimismo, el peso de la persona a trasladar no tiene que exceder los 130 Kg a una velocidad de 2 m/s, porque mientras más peso tiene el usuario menos velocidad tendría la silla. También, se determinó la relación de transmisión en las llantas, asimismo, la velocidad en la cual se trasladará la persona que será de 2 m/s, con un Torque de 56,96 N y con una fuerza mínima de 3560,7 N para poder movilizar la silla.
- J Se empleó una tarjeta controladora ARDUINO MEGA, que es uno de los microcontroladores más comerciales y es uno de los más aptos para este tipo de proyectos, con una facilidad de acelerar y desacelerar gracias a un controlador (DRIVER) de motores DC, ya que, es compatible entre sí y no tendrá ningún problema al subir o bajar escalones de los edificios.
- J Se examinó los costos considerando todos los materiales, accesorios, componentes eléctricos, componentes electrónicos y mano de Obra a emplear, resultando un costo total del proyecto de S/. 3 313,80 para la fabricación de la silla de rueda.

VI. RECOMENDACIONES

-) Determinar geográficamente el área y visualizar que el ángulo que generen los escalones no supere los $36,82^\circ$, además, verificar los escalones en el cual se empleará la silla de ruedas, con la finalidad de no tener incidentes o accidentes.
-) Realizar sus respectivos mantenimientos preventivos, obteniendo la máquina en buen funcionamiento sin fallas a largo plazo y no generar accidentes con la persona que se está movilizand o con las personas cercanas a la silla de ruedas.
-) Es de mucha importancia que el usuario configure todos los comandos necesarios para el joystick, para que sea sencillo el control y se pueda adaptar el control de la silla de ruedas a las necesidades de cada usuario.

REFERENCIAS

- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: Grupo Editorial Patria.
- Bertocci, G., Hobson, D., & Digges, K. (1996). Development of transportable wheelchair design criteria using computer crash simulation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 171-181.
- Budynas, R., Nisbett, J., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Octava ed.). D.F, Mexico: McGraw-Hill.
- Bundon, A., Mason, B. S., & Goosey Tolfrey, V. L. (2016). Expert Users Perceptions of Racing Wheelchair Design and Setup: The Knowns, Unknowns, and Next Steps. *Human Kinetics Journals*, 141-161.
- Cano, R., Hincapié, J., & García, J. (2014). Caracterización de requisitos funcionales de una silla de ruedad eléctrica usando técnicas de diseño de productos centrado en el usuario. *VIII Congreso Latinoamericano de Ingeniería Mecánica*, (pág. 1). Cuenca - Ecuador.
- Carreño Aguillón, E. d., Vacca Melo, E. A., & Lugo, A. I. (2012). Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar. *Tecnura*, 91-106.
- Cruz del Castillo, C., Olivares Orozco, S., & Gonzáles García, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México DF: Grupo Editorial Patria.
- Daveler, B., Salatin, B., Grindle, G. G., Candiotti, J., Wang, H., & Cooper, R. A. (2015). Participatory design and validation of mobility enhancement robotic. *JRRD*, 739-750.
- Desmet, P., & Dijkhuis, E. (2003). *A wheelchair can be fun: a case of emotion-driven design*. Pittsburgh, PA, USA: International conference on Designing pleasurable products and interfaces.
- Escudero Mendoza, J. P., & Ruíz Miranda, C. F. (2012). *Diseño y Simulación de una silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escalones a su usuario*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Esquivel C., M. (2013). *Movilidad espacial e imaginario de ciudad en personas que se desplazan en silla de ruedas en la ciudad de Santiago*. Santiago de Chile: Universidad Academica de Humanismo Cristiano.

- Faeik Ruzaij, M., & Poonguzhali, S. (2012). Design and implementation of low cost intelligent wheelchair. *International Conference on Recent Trends in Information Technology*, (pág. 1). India.
- Gaal, R., Rebholtz, N., Hotchkiss, R., & Pfaelzer, P. (1997). Wheelchair rider injuries: Causes and consequences for wheelchair design and selection. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 58-71.
- García Melo, J. I. (2004). *Fundamentos del Diseño Mecánico*. Santiago de Cali: Universidad del Valle - Programa Editorial.
- Gere, J. M. (2009). *Resistencia de Materiales*. Madris - España: Paraninfo S.A.
- Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Estado de México.: RED TERCER MILENIO S.C.
- Guerrero Pino, G., & Duque Martínez, L. M. (2015). *Filosofía de la Ciencia*. Santiago de Cali - Colombia: Universidad del Valle - Programa Editorial.
- Guerrero Sedeño, J., & Candelo Becerra, J. (2011). *Análisis de Circuitos eléctricos estado estable*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Hagen, K. (2009). *Introducción a la Ingeniería*. Mexico D.F.: PEARSON.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: MCGRAW-HILL .
- Hibbeler, R. C. (2010). *Estática*. Mexico D.F.: Pearson Education.
- INEI. (2012). *Perú características de la Población con Discapacidad*. Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Lasluisa Garcés, N. D. (2015). *Diseño y construcción de una silla de ruedas autónoma accionada mediante ondas cerebrales para la asociación de limitados pléjicos de Tungurahua (Asoplejicat)* . Latacunga - Ecuador: Universidad de las fuerzas armadas.
- Li, J., Liang, J., Zhao, Q., Li, J., Hong, K., & Zhang, L. (2013). Design of assistive wheelchair system directly steered by human thoughts T. *International Journal of Neural Systems*, 1.
- López Celi, J. A. (2014). *Diseño de un prototipo de silla de ruedas con sistema de ascenso y elevación*. Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Marchal Crespo, L., Furumasu, J., & Reink, D. (2010). A robotic wheelchair trainer: design overview and a feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 7-40.

- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México D.F.: Pearson Education.
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de Maquinaria*. México D.F.: Mc Graw Hill .
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Malta.
- Pastor Gutierrez, A., Ortega Jiménez, J., Parra Prieto, V. M., & Pérez Coyto, A. (2014). *Circuitos Eléctricos*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Pérez Ramírez, E. (1997). *Dibujo Técnico y Geométrico*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL Interamiracana Editores S.A.
- Pineda Vaca, D. (2016). *Diseño y contrucción de un dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles*. Ibarra - Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Salcedo Hernández, L. F., Torres San Miguel, C. R., Urriolagoitia Sosa, G., & Romero Ángeles, B. (2011). Rediseño para la Optimización de una Silla de Ruedas Eléctrica de Dos posiciones. *10º Congreso Nacional de Mecatrónica*, 90-96.
- Sandoval Ruiz, C. E. (2012). Sistema de Control de una Silla de Ruedas para Seguimiento Automático. *X Congreso Anual de Ingeniería Asme*, (pág. 1). Caracas - Venezuela.
- SankarKundu, A., Mazumder, O., Lenka, P., & Bhaumik, S. (2017). Omnidirectional Assistive Wheelchair: Design and Control with Isometric Myoelectric Based Intention Classification. *Procedio Computer Science*, 68-74.
- Soewardi, H., Tri Ajie, B., & Abdul Jalal, R. (2015). Inovative design of wheelchair by using . *Proceeding 8th International Seminar on Industrial Engineering and Management*, (págs. 81-86). Yogyakarta, Indonesia.
- Stang Alva, M. F. (2011). *Las personas con discapacidad en América Latina: Del reconocimiento Jurídico a la Desigualdad Real*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía.
- Van der Woude, L., Veerger, D. J., & Rozendal, R. H. (2019). Ergonomics of Wheelchair Design: A Prerequisite for Optimum Wheeling Conditions. *Human Kinetics Jorunals*, 109-132.
- Visagie, S., Duffie, S., & Unger, M. (2015). Exploring the impact of wheelchair design on user function in a rural South African setting. *Journal of Disability*, 171.

ANEXOS

Anexo 01. Hoja de datos del Motor Driver

12/10/2015

Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17

Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17



Pololu item #: 2991 **103** in stock

Price break	Unit price (US\$)
1	39.95
5	35.96
25	31.96
100	27.96

Quantity: Add to cart
backorders allowed Add to wish list



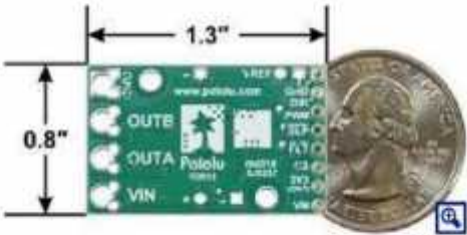
This discrete MOSFET H-bridge motor driver enables bidirectional control of one high-power DC brushed motor. The small 1.3" × 0.8" board supports a wide 6.5 V to 30 V voltage range and is efficient enough to deliver a continuous 17 A without a heat sink. Additional features of this second-generation (G2) driver include reverse-voltage protection along with basic current sensing and current limiting functionality.

Select options: Go →

Description Specs (13) Pictures (6) Resources (2) FAQs (1) On the blog (1)

Overview

The Pololu G2 high-power motor driver is a discrete MOSFET H-bridge designed to drive large brushed DC motors. The H-bridge is made up of one N-channel MOSFET per leg; the rest of the board contains the circuitry to take user inputs and control the MOSFETs. The absolute maximum voltage for this motor driver is 30 V, and higher voltages can permanently destroy the motor driver. Under normal operating conditions, ripple voltage on the supply line can raise the maximum voltage to more than the average or intended voltage, so a safe maximum voltage is approximately 24 V.



Note: Battery voltages can be much higher than nominal voltages when they are charged, so the maximum nominal battery voltage we recommend is 18 V (and use with 24 V batteries is not recommended) unless appropriate measures are taken to limit the peak voltage.

The versatility of this driver makes it suitable for a large range of currents and voltages: it can deliver up to 17 A of continuous current with a board size of only 1.3" × 0.8" and no required heat sink. The module offers a simple interface that requires as few as two I/O lines while still allowing for your choice of sign-magnitude or locked-antiphase operation. A current sense output gives an indicator of motor current, and the driver can limit the motor current to a configurable threshold. The power supply inputs feature reverse-voltage protection, while integrated

detection of various fault conditions helps protect against other common causes of catastrophic failure; however, please note that the board does not include over-temperature protection.

The G2 High-Power Motor Driver 18v17 is a second-generation successor to our original [High-Power Motor Driver 18v15](#) and can be used as a near drop-in replacement in typical applications. See “Differences from original high-power motor drivers” below for more details.

Features

- Operating voltage: 6.5 V to 30 V (absolute maximum)
- Output current: 17 A continuous
- Inputs compatible with 1.8 V, 3.3 V, and 5 V logic
- PWM operation up to 100 kHz
- Current sense output proportional to motor current (approx. 20 mV/A; only active while H-bridge is driving)
- Active current limiting (chopping) with default threshold of 40 A (can be adjusted lower)
- Reverse-voltage protection
- Undervoltage shutdown
- Short circuit protection

Using the motor driver

Connections

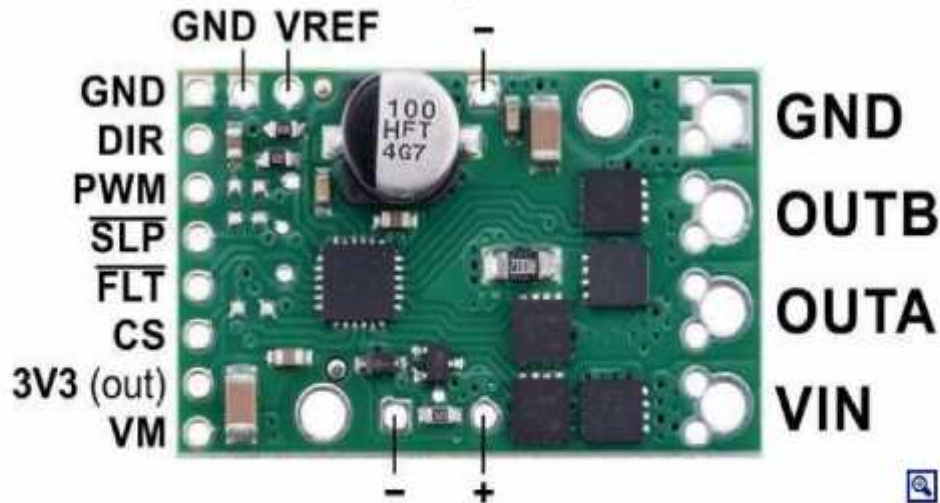
The motor and motor power connections are on one side of the board, and the control connections (1.8 V to 5 V logic) are on the other side. The motor supply should be capable of supplying high current. There are two options for making the high-power connections (VIN, OUTA, OUTB, GND): large holes spaced 5 mm apart, which are compatible with the included terminal blocks, and pairs of 0.1"-spaced holes that can be used with perfboards, [breadboards](#), and 0.1" [connectors](#).

For good performance, it is **very important** to install a large capacitor across the motor supply and ground close to the motor driver. We generally recommend using a capacitor of at least a few hundred μF and rated well above the maximum supply voltage; the required capacitance will be greater if the power supply is poor or far (more than about a foot) from the driver, and it will also depend on other factors like motor characteristics and applied PWM frequency. A through-hole capacitor can be installed directly on the board in the holes labeled “+” and “-” (connected to VM and GND, respectively). The driver includes an on-board 150 μF capacitor, which might be sufficient for brief tests and limited low-power operation, but adding a bigger capacitor is strongly recommended for most applications.

Warning: Take proper safety precautions when using high-power electronics. Make sure you know what you are doing when using high voltages or currents! During normal operation, this product can get **hot** enough to burn you. Take care when handling this product or other components connected to it.

The logic connections are designed to interface with 1.8 V to 5 V systems (5.5 V max). By default, the driver is in a low-power sleep mode; the SLP pin should be driven or tied to a logic high voltage in order to enable the driver. In a typical configuration, only two other pins are required: PWM and DIR.

Pinout



PIN	Default State	Description
VIN		This is the main 6.5 V to 30 V (absolute max) motor power supply connection.
VM		This pin gives you access to the motor power supply after reverse-voltage protection. It can be used to supply reverse-protected power to other components in the system, but it should not be used for high currents. This pin should only be used as an output.
+ -		These pads are intended for a power supply capacitor (they are connected to VM and GND, respectively).
3V3 (out)		This regulated 3.3 V output provides a few milliamps, which can be useful as a reference or for powering small external circuits. This output should not be connected to other external power supply lines. It is disabled when the driver is in sleep mode. Be careful not to accidentally short this pin to the neighboring V+ pin while power is being supplied as doing so will instantly destroy the board!
GND		Ground connection for logic and motor power supplies.
OUTA		Motor output pin A (connects to one terminal of a DC motor).
OUTB		Motor output pin B (connects to the other terminal of a DC motor).
PWM	LOW	Pulse width modulation input; a PWM signal on this pin corresponds to a PWM output on the motor outputs.
DIR	LOW	Direction input: when DIR is high, current will flow from OUTA to OUTB; when it is low, current will flow from OUTB to OUTA.
SLP	LOW	Inverted sleep input: This pin is internally pulled low, putting the motor driver into a low-power sleep mode. SLP must be driven logic high to enable the driver. <i>Note:</i> The SLP pin cannot be tied to the board's 3V3 output to permanently enable the driver, since the 3.3 V output is disabled when the driver is in sleep mode.
FLT		Fault indicator: This open-drain output is driven low when a fault has occurred. See below for details. In order to use this output, you should externally pull this pin up to your system's logic voltage.
CS		Current sense output: This pin outputs a voltage proportional to the motor current when the H-bridge is driving (but not while it is braking, including when current limiting is active). The output voltage is

VREF

about 20 mV/A plus a 50 mV offset.

Reference voltage input: An additional resistor can be connected between this pin and GND to lower the current limiting (chopping) threshold. Without an additional resistor, the current limit defaults to about 40 A. See below for details.

Motor control options

With the PWM pin held low, both motor outputs will be held low (a brake operation). With PWM high, the motor outputs will be driven according to the DIR input. This allows two modes of operation: sign-magnitude, in which the PWM duty cycle controls the speed of the motor and DIR controls the direction, and locked-antiphase, in which a pulse-width-modulated signal is applied to the DIR pin with PWM held high.

In locked-antiphase operation, a low duty cycle drives the motor in one direction, and a high duty cycle drives the motor in the other direction; a 50% duty cycle turns the motor off. A successful locked-antiphase implementation depends on the motor inductance and switching frequency smoothing out the current (e.g. making the current zero in the 50% duty cycle case), so a high PWM frequency might be required.

Motor Driver Truth Table				
PWM	DIR	OUTA	OUTB	Operation
H	H	H	L	Forward
H	L	L	H	Reverse
L	X	L	L	Brake

PWM frequency

The motor driver supports PWM frequencies as high as 100 kHz, but note that switching losses in the driver will be proportional to the PWM frequency. Typically, around 20 kHz is a good choice for sign-magnitude operation since it is high enough to be ultrasonic, which results in quieter operation.

A pulse on the PWM pin must be high for a minimum duration of approximately 0.5 μ s before the outputs turn on for the corresponding duration (any shorter input pulse does not produce a change on the outputs), so low duty cycles become unavailable at high frequencies. For example, at 100 kHz, the pulse period is 10 μ s, and the minimum non-zero duty cycle achievable is 0.5/10, or 5%.

Current sensing and limiting

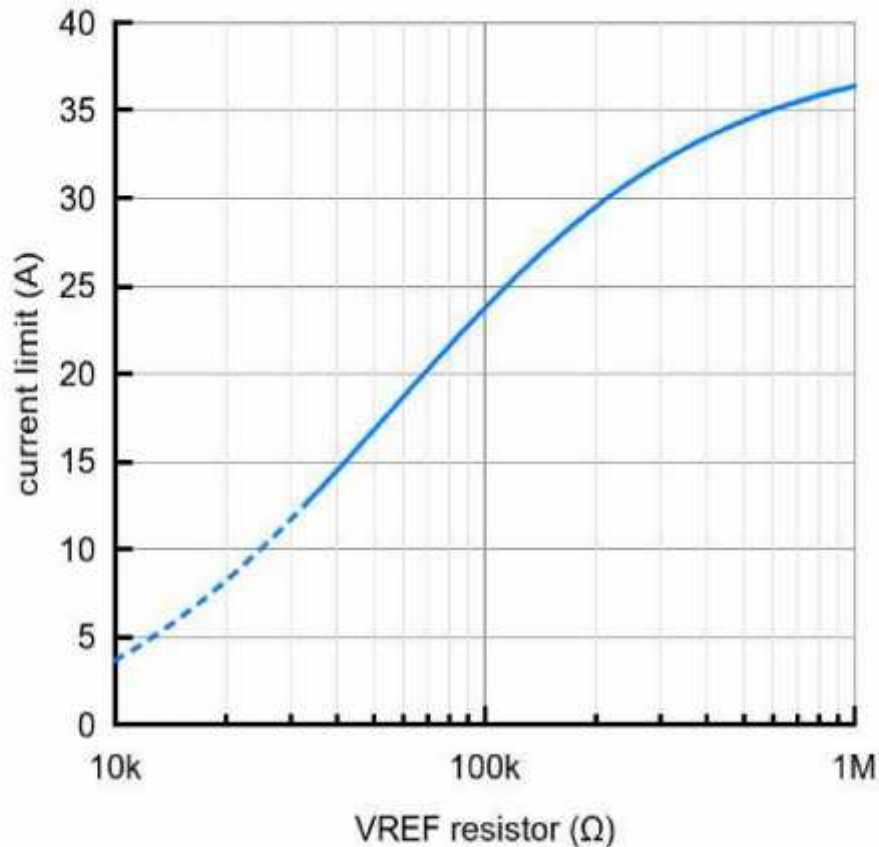
The driver's current sense pin, CS, outputs a voltage proportional to the motor current while the H-bridge is driving. The output voltage is about 20 mV/A plus a small offset, which is typically about 50 mV.

The CS output is only active while the H-bridge is in drive mode; it is inactive (low) when the driver is in brake mode (slow decay), which happens when the PWM input is low or when current limiting is active. Current will continue to circulate through the motor when the driver begins braking, but the voltage on the CS pin will not accurately reflect the motor current in brake mode. The CS voltage is used internally by the motor driver, so to avoid interfering with the driver's operation, you should not add a capacitor to this pin or connect a load that draws more than a few mA from it.

The G2 driver has the ability to limit the motor current through current chopping: once the motor drive current reaches a set threshold, the driver goes into brake mode (slow decay) for a brief time before applying power to drive the motor again. This makes it more practical to use the driver with a motor that might only draw a few amps while running but can draw many times that amount (tens of amps) when starting.

The current limiting threshold is set to about 40 A by default. You can lower the limit by connecting an additional resistor between the VREF pin and the adjacent GND pin; the graph below shows how the current limit relates to the VREF resistor value. For example, adding a 100 k Ω resistor between VREF and GND lowers the current limit to approximately 24 A. Note that the current limiting is less accurate at especially low settings (indicated by the dashed portion of the curve).

Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17 current limit vs. VREF resistor



Fault conditions

The motor driver can detect several fault states that it reports by driving the $\overline{\text{FLT}}$ pin low; this is an open-drain output that should be pulled up to your system's logic voltage. The detectable faults include short circuits on the outputs, under-voltage, and over-temperature. All of the faults disable the motor outputs but are not latched, meaning the driver will attempt to resume operation when the fault condition is removed (or after a delay of a few milliseconds in the case of the short circuit fault). The over-temperature fault provides a weak indication of the board being too hot, but it does not directly indicate the temperature of the MOSFETs, which are usually the first components to overheat, so you should not count on this fault to prevent damage from over-temperature conditions.

Real-world power dissipation considerations

The motor driver can handle large current spikes for short durations (e.g. 100 A for a few milliseconds). The peak ratings are for quick transients (e.g. when a motor is first turned on), and the continuous rating of 17 A is dependent on various conditions, such as the ambient temperature. The actual current you can deliver will depend on how well you can keep the motor driver cool. The driver's printed circuit board is designed to draw heat out of the MOSFETs, but performance can be improved by adding a heat sink.

Warning: This motor driver has no over-temperature shut-off. An over-temperature or over-current condition can cause

<https://www.pololu.com/product/2991?print=1>

5/8

permanent damage to the motor driver. You might consider using either the driver's integrated current sense output or an **external current sensor** to monitor your current draw.

Included hardware



Two 8-pin **straight breakaway male headers** and two **2-pin 5mm terminal blocks** are included with each motor driver. You can solder the terminal blocks to the four large through-holes to make your motor and motor power connections, or you can solder one of the 1×8 0.1" header strips into the smaller through-holes that border these larger holes. Note, however, that the terminal blocks are only rated for 16 A, and each header pin pair is only rated for a combined 6 A, so for higher-power applications, thick wires should be soldered directly to the board.

The other 1×8 header strip can be soldered into the small holes on the logic connection side of the board to enable use with **solderless breadboards**, perfboards, or **0.1" connectors**, or you can solder wires directly to these holes for the most compact installation.

Note: In most applications, it is necessary to connect an additional large capacitor (not included) across the power supply, as described under "Connections" above.

The board has two 0.086" (2.18 mm) diameter mounting holes intended for #2 or M2 **screws** (not included); they are separated by 0.62" (15.75 mm) both horizontally and vertically.

Differences from original high-power motor drivers

The G2 high-power motor driver is designed to work as a near drop-in replacement for our original high-power motor drivers; this version, the **18v17**, is comparable to the original **18v15** but can provide higher output currents in most situations. The overall board dimensions and locations of the mounting holes and all required pins are the same for both versions.

This second-generation driver adds new features including reverse-voltage protection on the power supply inputs and basic current sensing and current limiting functionality. It also works with lower logic voltages, making it compatible with 3.3 V systems; however, note that it has a slightly higher minimum motor supply voltage than the original HPMD (6.5 V vs. 5.5 V).

The pinout of the G2 driver differs from the original in several ways:

- The **SLP** pin must be connected to logic high to enable the G2 driver. (The corresponding **RESET** pin on the original driver could be left disconnected if unused.)
- The G2 driver has only one fault pin, which is an open-drain output that is driven *low* when a fault occurs. (The original driver had two fault pins that were driven *high* to indicate faults.)

- A current sense output is available on the G2 driver in place of the second fault pin.
- A new VREF pin and adjacent GND pin let you connect a resistor to adjust the G2 driver's current limit.
- The G2 driver provides a 3.3 V output instead of the original driver's 5 V output.

G2 high-power motor driver versions

There are currently two versions of the G2 high-power motor driver, both with the same pinout. The following table provides a comparison of the G2 drivers:

Pololu G2 High-Power Motor Drivers			
Name	Absolute max input voltage	Max nominal battery voltage	Max continuous current
G2 High-Power Motor Driver 18v17	30 V	18 V	17 A
G2 High-Power Motor Driver 24v13	40 V	28 V	13 A

Note: As an alternative to these motor drivers, our [Simple Motor Controllers](#) have similar power characteristics and offer high-level interfaces (e.g. USB, RC hobby servo pulses, analog voltages, and TTL serial commands) that make them easier to use for some applications.

Related products



[Pololu G2 High-Power Motor Driver 24v13](#)



[Pololu Simple High-Power Motor Controller 18v15 \(Fully Assembled\)](#)



[Pololu Simple High-Power Motor Controller 18v15](#)



[Pololu Simple High-Power Motor Controller 18v25](#)



[Pololu High-Power Motor Driver 18v25 CS](#)



[VNH5019 Motor Driver Carrier](#)



[ACS711EX Current Sensor Carrier -31A to +31A](#)



[ACS711EX Current Sensor Carrier -15.5A to +15.5A](#)

Related categories



[Pololu High-Power Motor Drivers](#)

12/10/2015

Pololu G2 High-Power Motor Driver 18v17



[Pololu Simple Motor Controllers](#)



[Brushed DC Motor Drivers](#)



[Brushed DC Motor Controllers](#)



[Motors and Gearboxes](#)

Anexo 02. Ficha Técnica del Joystick Module

JOYSTICK MODULE



Description

Lots of robotic projects need a joystick. This module offers an affordable solution to that. The Joystick module is similar to analog joysticks found in gamepads. It is made by mounting two potentiometers at a 90 degrees angle. The potentiometers are connected to a short stick centered by springs.

This module produces an output of around 2.5V from X and Y when it is in resting position. Moving the joystick will cause the output to vary from 0v to 5V depending on its direction. If you connect this module to a microcontroller, you can expect to read a value of around 512 in its resting position (expect small variations due to tiny imprecisions of the springs and mechanism) When you move the joystick you should see the values change from 0 to 1023 depending on its position.

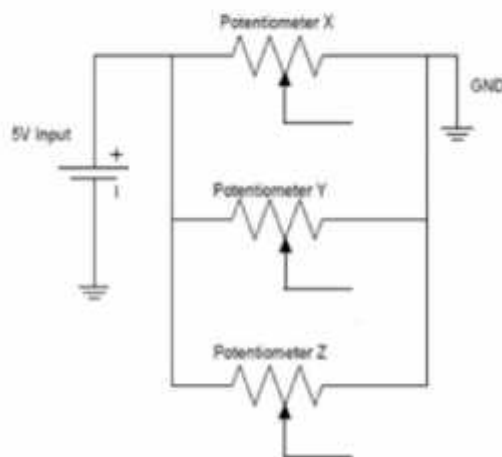
Specifications

- Directional movements are simply two potentiometers - one for each axis
- Compatible with Arduino interface
- The biaxial XY Joystick Module KY-023 applies ARDUINO
- Dimensions: 1.57 in x 1.02 in x 1.26 in (4.0 cm x 2.6 cm x 3.2 cm)
- 5 Pin
- Color: Black

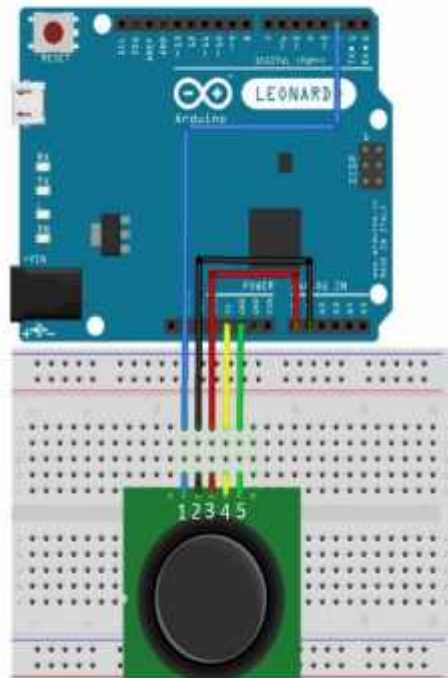
Pin Configuration

1. GND: ground
2. +5V: 5V DC
3. VRx: voltage proportional to x position
4. VRy: voltage proportional to y position
5. SW: switch pushbutton

Schematic Diagram



Wiring Diagram



Sample Sketch

```
const int Sw_pin = 2; // digital pin connected to SW
const int X_pin = 0; // analog pin connected to VRx
const int Y_pin = 1; // analog pin connected to VRy

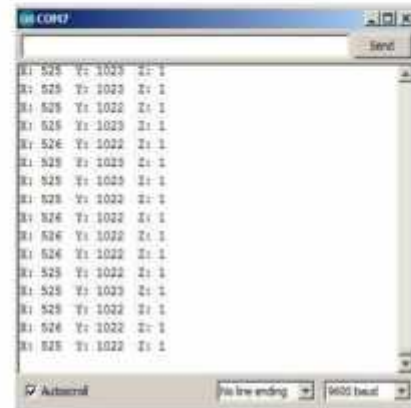
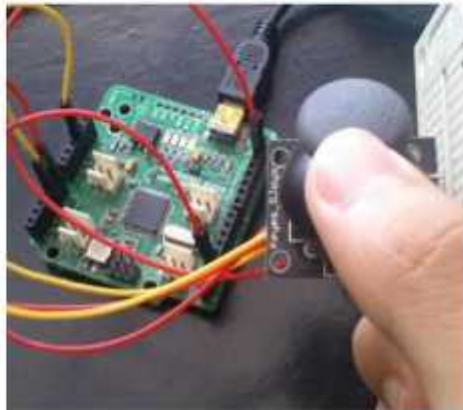
void setup() {
  pinMode(Sw_pin, INPUT);
  digitalWrite(Sw_pin, HIGH);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.print("x: ");
  Serial.print(analogRead(X_pin));
  Serial.print(" y: ");
  Serial.print(analogRead(Y_pin));
  Serial.print(" z: ");
  Serial.println(digitalRead(Sw_pin));
  delay(250);
}
```

- Microcontroller (any compatible arduino)

- ### Testing results

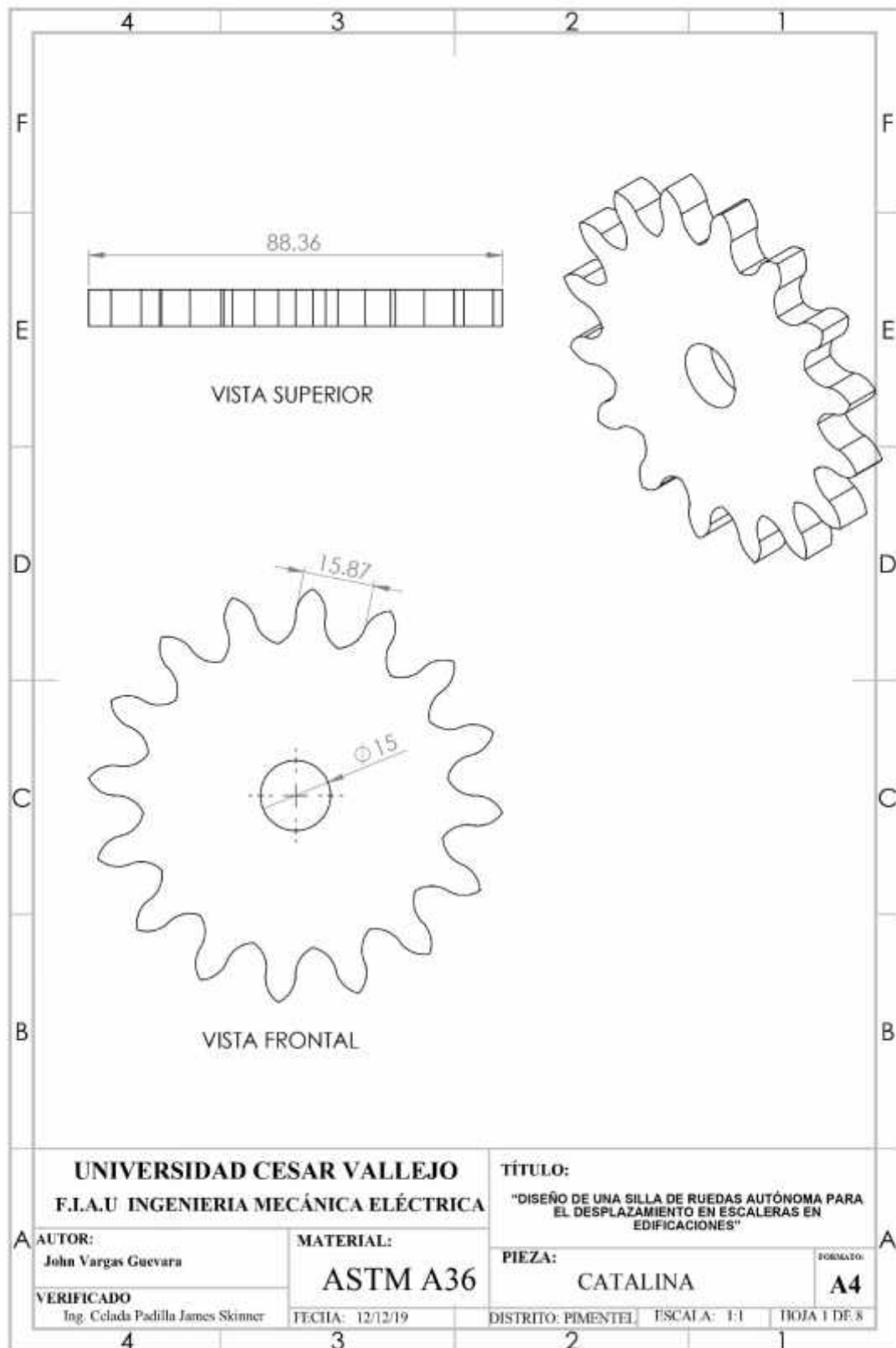
When the stick was moved upward:



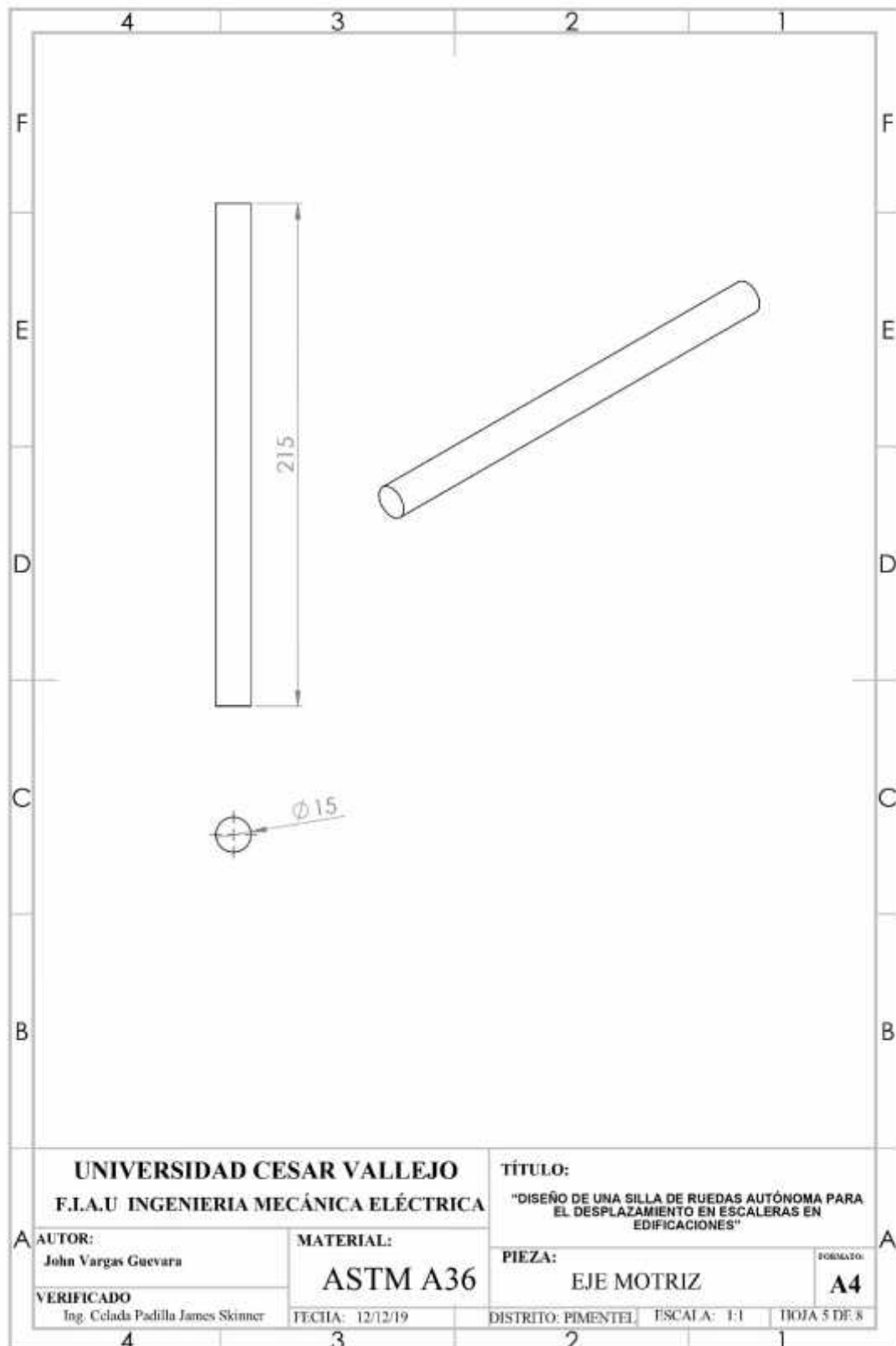
When the stick was moved to the left:



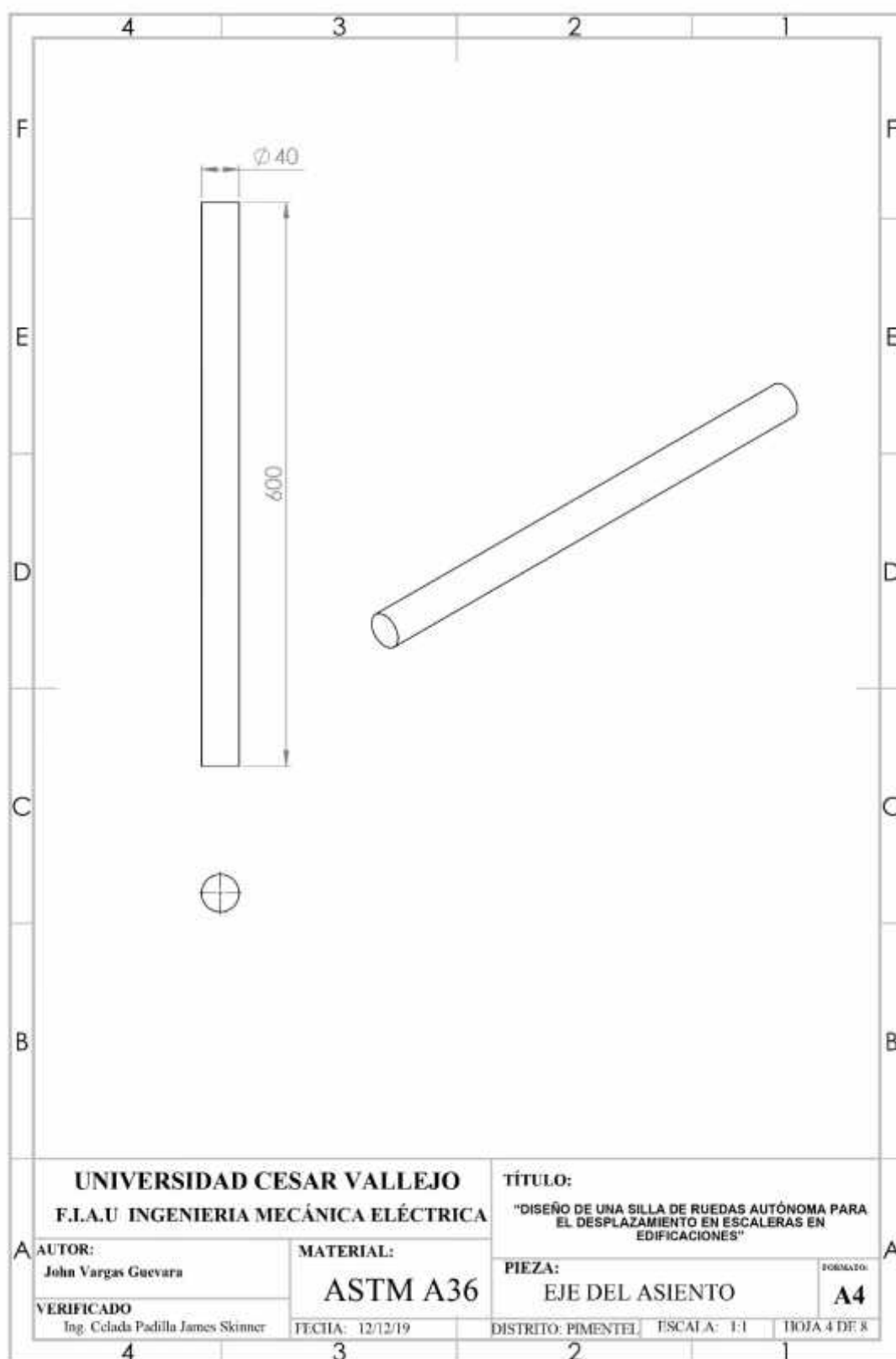
Anexo 3. Catalina



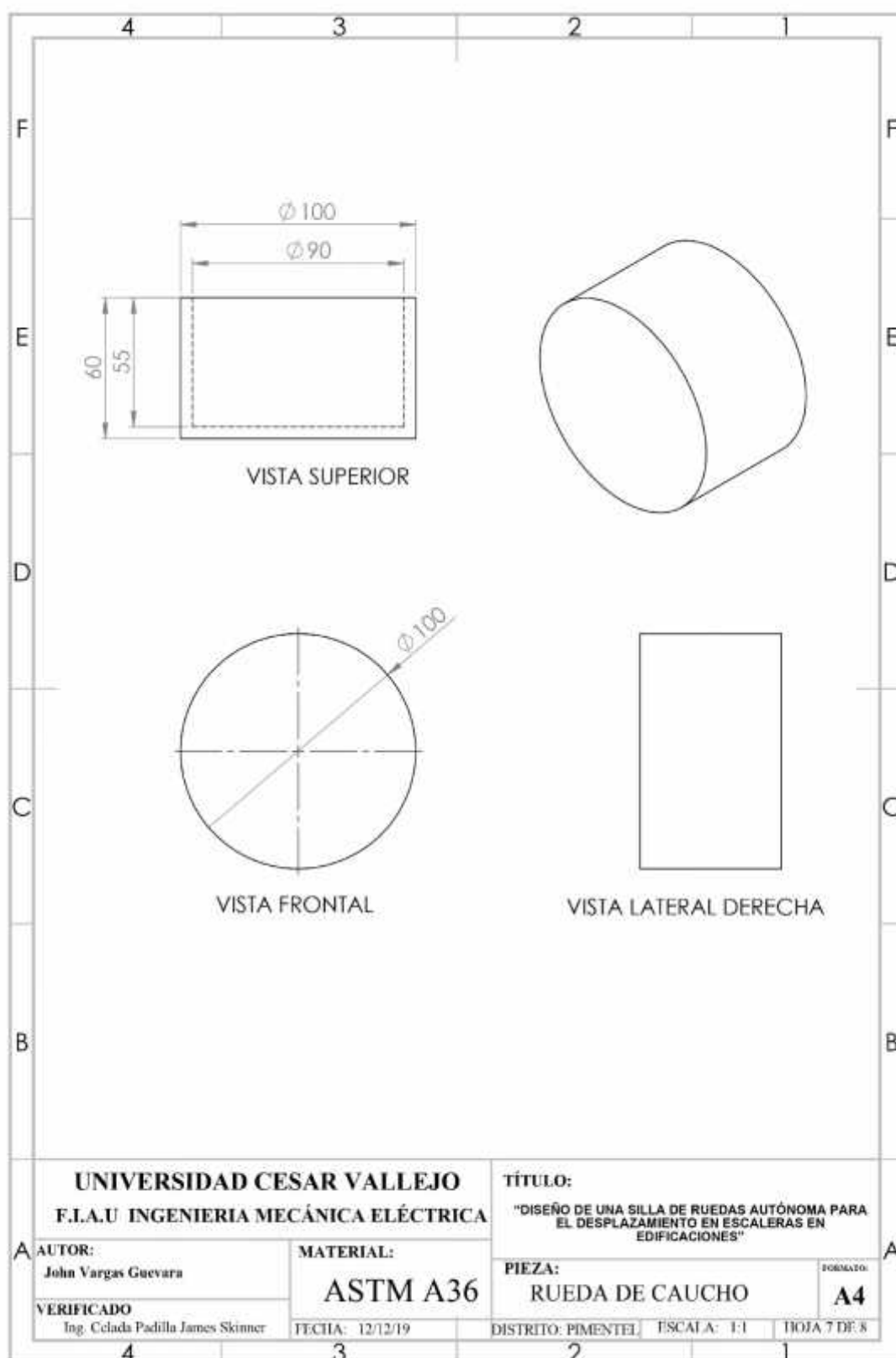
Anexo 4. Eje Motriz



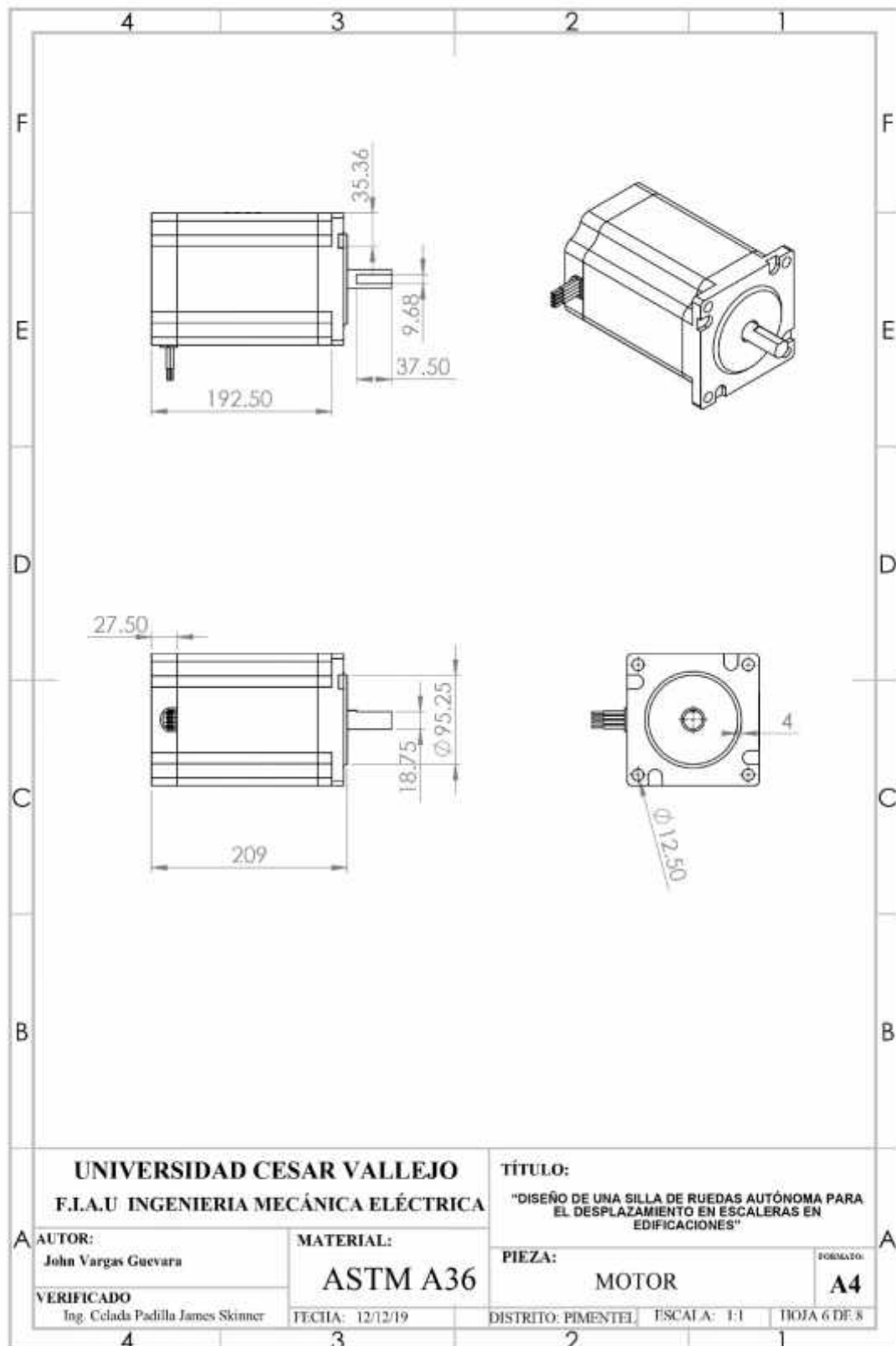
Anexo 5. Eje del Asiento



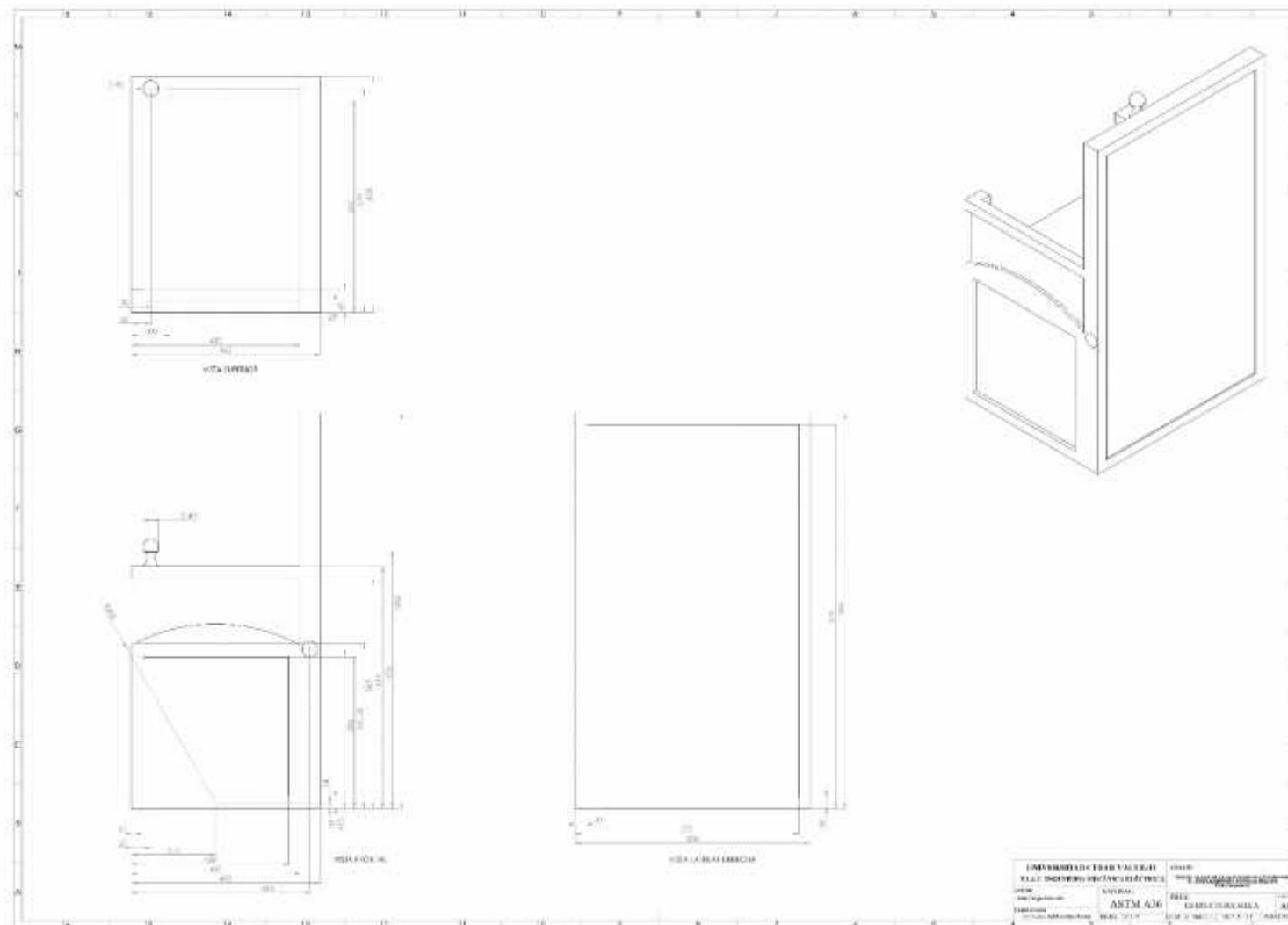
Anexo 6. Rueda



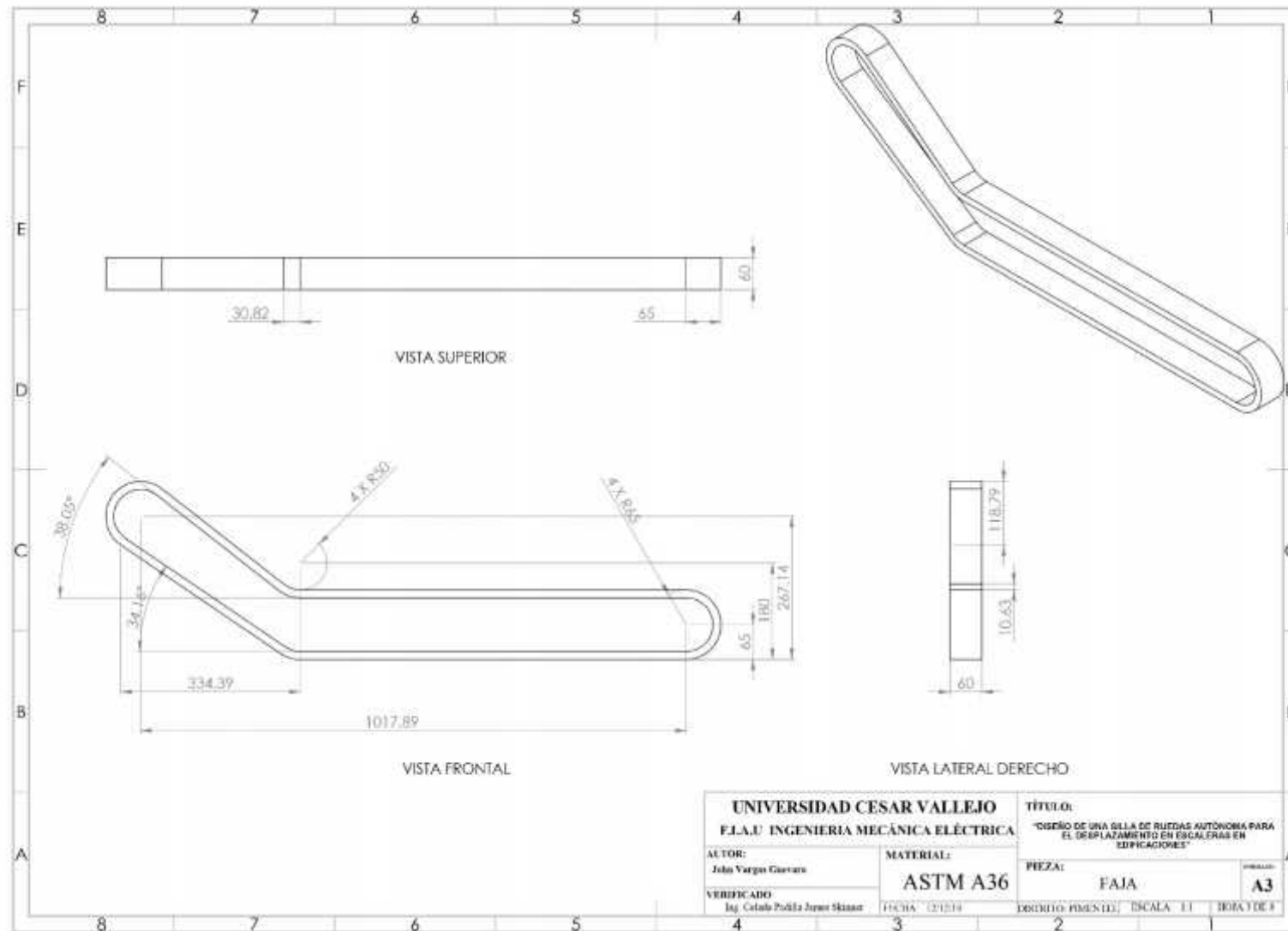
Anexo 7. Motor



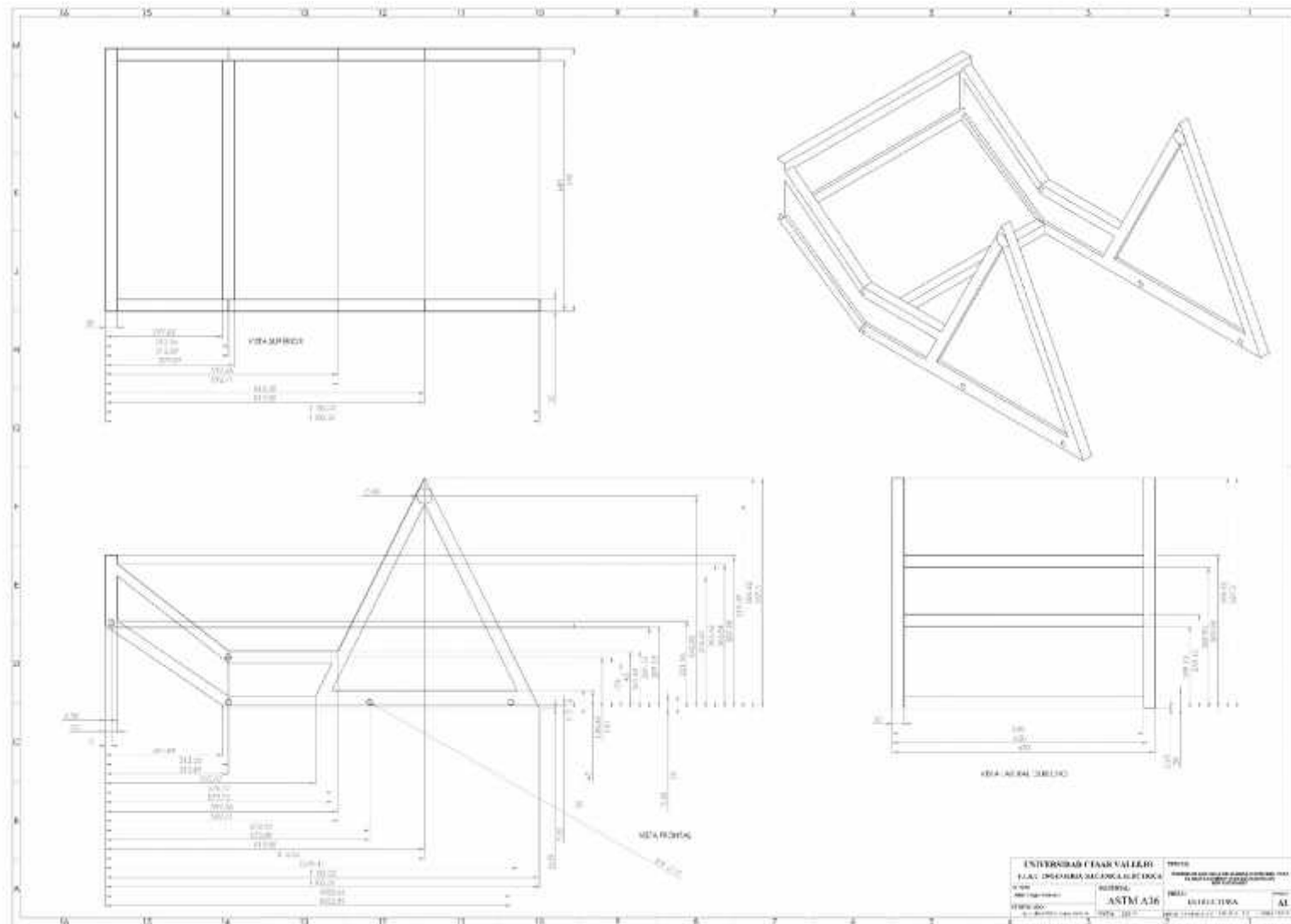
Anexo 8. Silla



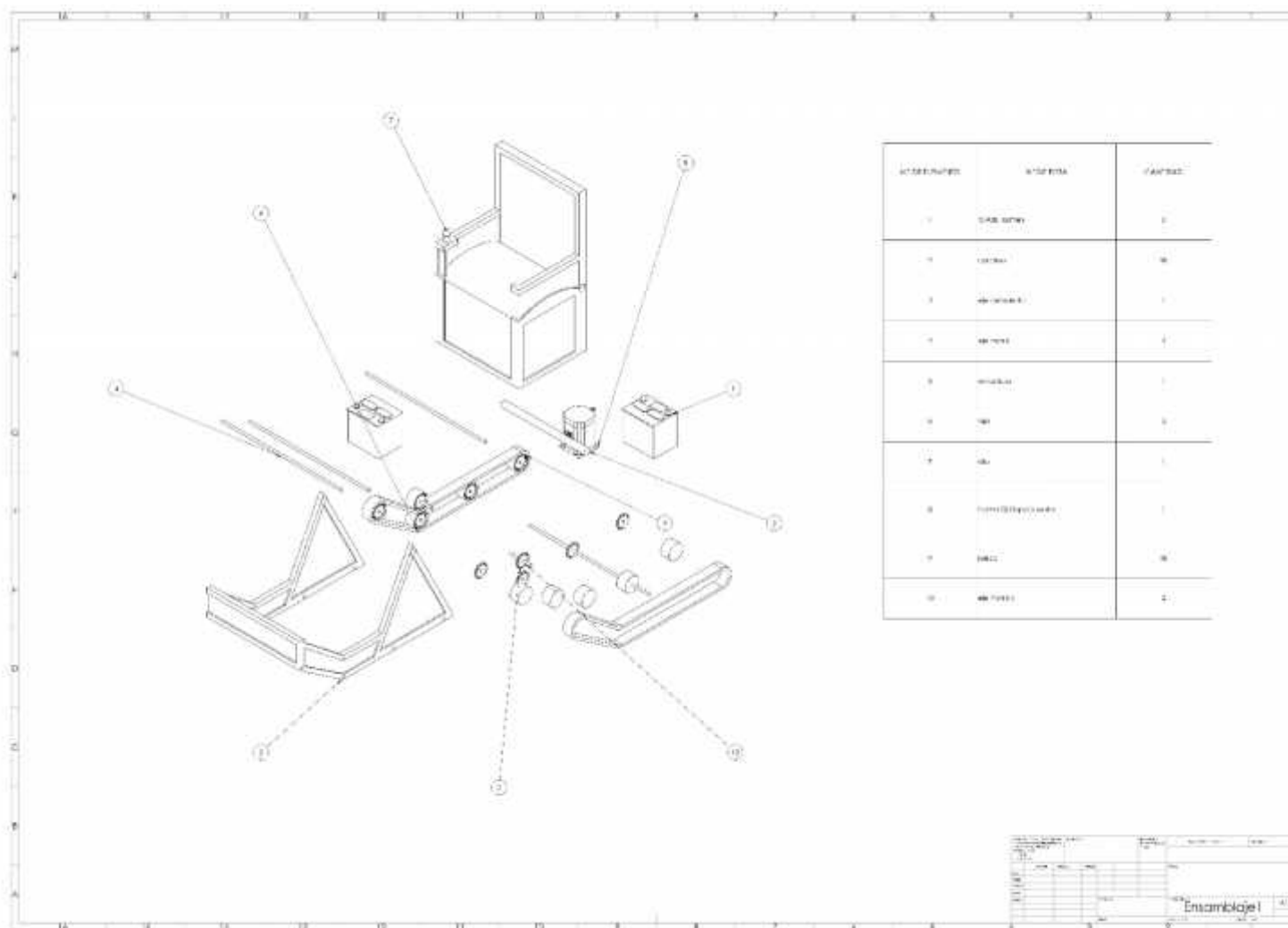
Anexo 9. Faja



Anexo 10. Estructura



Anexo 11. Ensamblaje de la Silla de Ruedas autónoma



Anexo 12. Silla de ruedas autónoma

